

Proefstation voor Bloemisterij en Glasgroente
Vestiging Aalsmeer
Linnaeuslaan 2a, 1431 JV Aalsmeer
Tel. 0297-352525

ISSN 1385-3015

KWALITATIEVE NEVENEFFECTEN VAN ASSIMILATIEBELICHTING

EBG/NOVEM/PBN-project 1707

J.A. Bakker
T. Blacquièrre
J. de Hoog jr
Aalsmeer, augustus 1996

Rapport 53
Prijs f 25,-

Rapport 53 wordt u toegestuurd na storting van f 25,- op gironummer 174855
ten name van PBG Aalsmeer onder vermelding van 'Rapport 53: Kwalitatieve
neveneffecten van assimilatiebelichting'.

ISSN: 919948

VOORWOORD

De toepassing van assimilatiebelichting in de Nederlandse glastuinbouw heeft er toe geleid dat aan het praktijkonderzoek steeds meer vragen worden gesteld die betrekking hebben op doorgronden van processen die leiden tot een bepaald resultaat. Veel praktijkonderzoek is gericht op het op korte termijn optimaliseren van bepaalde teeltfactoren. De onderzochte factoren hebben echter vaak direct verband met andere factoren waardoor het optimaliseren van de ene factor, onderzoek voor het optimaliseren van andere factoren oproept. Licht was tot voor kort een factor waarop weinig invloed kon worden uitgeoefend. Met de opkomst van assimilatiebelichting was de hoeveelheid licht niet meer een gegeven, maar ontstond de mogelijkheid deze hoeveelheid kunstmatig te vergroten. Informatie over de manier waarop en de richting waarin verschillende factoren samen de groei en ontwikkeling van een plant beïnvloeden, kan het aantal te onderzoeken gewassen en factoren helpen beperken.

In dit verslag worden de resultaten gepresenteerd van onderzoek in het kader van het EBG/NOVEM/PBN-project 'Kwalitatieve neveneffecten van assimilatiebelichting'. Het doel van het project was enerzijds het inventariseren van de beschikbare informatie over kwalitatieve neveneffecten van assimilatiebelichting en de achtergronden daarvan en anderzijds door onderzoek achterhalen hoe deze verschijnselen samenhangen met het gebruikte lichtspectrum en belichtingsregime. Bij het onderzoek naar neveneffecten gaat het vooral om morfologische en fysiologische veranderingen die in een plant plaatsvinden door toepassing van assimilatiebelichting.

Het verslag is opgebouwd uit een literatuuroverzicht over de rol van licht voor de groei en ontwikkeling van planten, een fragmentarische inventarisatie van de tot nu toe bekende neveneffecten van assimilatiebelichting bij glastuinbouwgewassen, en rapportages over het uitgevoerde onderzoek betreffende de effecten van het lichtspectrum, het lichtregime, en de effecten die kunnen optreden aan gewassen van derden ten gevolge van 'strooilicht' dat in de omgeving terechtkomt.

De meeste van deze onderdelen van het verslag zijn reeds verschenen als afzonderlijke PBN-rapporten.

INHOUDSOPGAVE

Omdat de afzonderlijke hoofdstukken afzonderlijke rapporten zijn is per deelrapport een afzonderlijke pagina nummering aangehouden.

Samenvatting	I -1-2
Summary	I -3-4
Rapportages	I -5
Literatuurstudie	II -1-28
Inventarisatie neveneffecten assimilatiebelichting	III -1-22
Effect van belichting met HPI-T en SON-T bij roos	IV -1-11
Effecten van belichtingsregime en verrood na-belichting	V -1-30
Effecten van strooilicht	VI - 1-35

I Samenvatting, Summary en Rapportages

T. Blacqui re & J.A. Bakker

I SAMENVATTING

Deel I, de literatuurstudie, behandelt de eigenschappen van licht, en gaat in op de rol van licht als energiebron (groeilicht, licht voor fotosynthese) en als informatiebron (stuurlicht, licht voor morfogenese en tijdmeting).

Het hoofdstuk over Fotosynthese gaat in op de verschillende fotosynthese-systemen in hogere planten (C_3 , C_4 en CAM), en op de rol van interne en externe factoren die de fotosynthesesnelheid beïnvloeden, zoals licht, CO_2 , O_2 , temperatuur, water en de afvoer en/of ophoping van assimilaten. In het hoofdstuk over stuurlicht worden de verschillende licht-receptoren in planten beschreven, en de rol die ze spelen bij de ontwikkeling van de plant. Tevens wordt ingegaan op de rol van deze lichtreceptoren bij de daglengtemeting door planten, en op de rol die licht speelt bij ritmes die optreden bij veel processen (biologische klok).

Bij het onderwerp Licht in de Kas wordt ingegaan op de verliezen die optreden doordat licht wordt geabsorbeerd door delen van de kasconstructie, en op de hoeveelheid licht die kan worden verwacht in een kas, en het aandeel van assimilatiebelichting daarin. Kort wordt ingegaan op effecten van assimilatiebelichting op kwaliteit en houdbaarheid, en op de mogelijke effecten van strooilicht op gewassen van derden.

Enkele conversietabellen voor verschillende eenheden zijn in een bijlage opgenomen. Deze voorzien in een grote behoefte, omdat licht voor velen een erg ongrijpbare materie is, en de verwarring door het gebruik van ongeëigende of soms ronduit verkeerde eenheden groot is.

Deel II is een inventarisatie van neveneffecten van assimilatiebelichting, zowel op grond van literatuur als verkregen via contacten in de praktijk. Daarmee zijn niet alle beschreven observaties even goed onderbouwd, en is ook nauwelijks informatie beschikbaar over de frequentie waarmee bepaalde verschijnselen optreden. Van veel geteelde en veel belichte gewassen is logischerwijze de meeste informatie beschikbaar. Het betreft zowel snijbloemen, potplanten als groentegewassen.

Deel III is een zeer summier rapportage over een proef met belichting van rozen met twee typen assimilatiebelichtingslampen, normale hogedruk natrium-lampen (SON-T) en hogedrukkwikjodide-lampen. Het grote verschil is het aandeel blauw licht in het spectrum. Tevens werd onderzocht of rozen gevoelig zijn voor een nabelichting met verrood licht. Kleine verschillen die werden waargenomen hielden vooral verband met de lichtsterkte in plaats van het lichtspectrum, en ook de effecten van een nabelichting met verrood licht waren zeer gering.

Deel IV beschrijft een uitgebreide proef met twee rozencultivars en met Eustoma, twee maal uitgevoerd in de winterperiode (oktober tot en met maart), waarbij eenzelfde hoeveelheid licht van SON-T lampen (zelfde lichtsterkte en zelfde aantal uren belichting) werd gegeven met een verschillend belichtingsregime. Bovendien werd het effect van een nabelichting met verrood licht onderzocht. Het onderzoek wees uit dat de bloemontwikkeling en de groeisnelheid van de scheuten door langere daglengtes positief worden beïnvloed. Scheuten ontwikkelden zich bij Madelon sneller tot een bloeiende tak bij een daglengte van 17 of 20 uur dan bij een daglengte van 14 uur. Bij een daglengte van 14 uur werd bij Madelon het hoogste percentage loos gevonden. Bij beide cultivars was de uiteindelijke taklengte groter bij een langere lichtperiode.

Een verrood nabelichting had geen effect op vorming van loze scheuten. Bij Madelon was het gewicht van de gevormde scheuten en grondscheuten bij een verrood nabelichting iets groter.

Frisco vormde onder invloed van een daglengte van 17 of 20 uur meer, langere en zwaardere grondscheuten dan onder een daglengte van 14 uur. Bij Madelon viel op dat bij een lichtperiode van 17 uur het aantal en het totaalgewicht van de grondscheuten groter was dan bij een daglengte van 14 of 20 uur.

Ondanks een gelijke daglichtsom waren in dit onderzoek de groei en ontwikkeling bij de verschillende

lichtperiodes niet gelijk. Omdat de gevonden verschillen niet alleen kunnen worden toegeschreven aan verschillen in fotosynthese-efficiëntie tijdens de natuurlijke daglichtperiode, werd geconcludeerd dat de produktie en groeisnelheid van scheuten van Madelon en Frisco onder invloed staan van zowel de daglengte als de hoeveelheid groeilicht. Het rendement van de gegeven bijbelichting staat dus ook onder invloed van lengte van de lichtperiode.

Verandering van de duur van de lichtperiode, bij een gelijkblijvende hoeveelheid bijbelichting, van 14 naar 17 of 20 uur veroorzaakte bij *Eustoma grandiflorum* 'Fuji blue' een vervroeging van de bloei en een toename van de strekking van de internodia. Bij alle drie lichtperiodes werden bloemen gevormd. Bij een lichtperiode van 17 en 20 uur ontwikkelden de eerste bloemen zich echter in een lagere bladoksel, met als gevolg een vervroeging van de bloei. Opvallend was dat de variatie in bloeitijdstip bij een daglengte van 17 en 20 uur minder groot was dan bij een daglengte van 14 uur. Het aantal bloemen per tak was bij een daglengte van 14 uur, ondanks de langere teeltduur, niet groter dan dat bij een daglengte van 17 of 20 uur.

Door een langere lichtperiode nam de strekking van de internodia toe, waardoor de afname van het aantal internodia bij de langere daglengte vrijwel werd gecompenseerd bij een daglengte van 17 uur en meer dan gecompenseerd bij een daglengte van 20 uur.

Een verrood nabelichting aan het einde van de lichtperiode versterkte het effect van de langere daglengtes op de bloei en veroorzaakte onder alle belichtingsregimes extra stengelstrekking. Bij een daglengte van 14 uur nam door de verrood nabelichting alleen de strekking van de internodia toe, de ontwikkeling van bloemen werd niet beïnvloed.

Omdat de bloei, de teeltduur en de strekking van de internodia werden beïnvloed door de lengte van de lichtperiode, kan *Eustoma* voor die kenmerken en bij de in dit onderzoek gebruikte lichtperiodes, worden aangeduid als een kwantitatieve langedagplant. Bij toepassing van assimilatiebelichting bij de teelt van 'Fuji blue' zal een reactie afhankelijk zijn van zowel de hoeveelheid licht als de duur van de lichtperiode.

Deel V beschrijft een aantal proeven met zwak licht van assimilatiebelichtingslampen bij een aantal gewassen. De gekozen lichtniveaus waren relevant omdat vergelijkbare niveaus kunnen worden gemeten in de omgeving van kassen met assimilatiebelichting. Licht kan zowel via de zijgevels als via het kasdek in de omgeving terechtkomen. In het tweede geval draagt het wolkendek zorg voor verspreiding in de omgeving, bij een heldere hemel verdwijnt het licht in de ruimte. Licht van lage niveaus zou invloed kunnen hebben op diverse processen, waaronder dag/nacht-ritmes van planten/gewassen in naburige kassen.

De proef werd uitgevoerd met de groentegewassen tomaat en komkommer, de snijbloemen chrysant en *Cymbidium*, de potplanten poinsettia en *Fuchsia*, en de perkplant/potplant/snijbloem zaai-aster. De gehanteerde lichtniveaus waren 0,05 en 0,20 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ PPF. Het eerste niveau was de grenswaarde voor het verplicht installeren van een gevelschermb (4-lux-regel van het Landbouwschap).

Behalve bij tomaat werden bij alle soorten duidelijke effecten van het licht waargenomen, variërend van verminderde strekkingsgroei en vertraagde ontwikkeling en bloeiuitstel, tot verhoogde strekkingsgroei en versnelde ontwikkeling en bloeiinductie, afhankelijk van de soort. De effecten waren meestal groter bij belichting in de tweede helft van de nacht, en ook groter bij het 'hoge' lichtniveau dan bij het 'lage'. Sommige responsen waren al volledig verzadigd bij het lage niveau (bijv. bloeiuitstel poinsettia), terwijl andere pas bij het hoge niveau enigszins zichtbaar werden (bijv. verminderde bloei *Cymbidium*).

In gebieden met een grote concentratie van bedrijven bestaat groot gevaar voor schade door dit strooilicht, met name bij teelten van daglengtegevoelige planten die geen gebruik maken van verduisteringsschermen (komkommer, poinsettia, *Alstroemeria*, normaalteelt chrysant). Belichten onder een (vrijwel) gesloten bovenscherm zou een mogelijke oplossing zijn voor dit probleem, en heeft bovendien een energiebesparende uitwerking.

I SUMMARY

The literature review, part I, covers the properties of light, and goes into the role of light as energy source (light for photosynthesis) and as a source of information (direction, spectral quality, time measurement).

The chapter on photosynthesis lists the different systems of photosynthesis in higher plants (C_3 , C_4 and CAM), and deals with the role of internal and external factors that affect the rate of photosynthesis; light level, CO_2 , O_2 , temperature, water and the transport and accumulation of assimilates. The chapter on light as information source deals with the different photoreceptors and their role in plant development, including their role in time keeping.

The topic 'Light in the Greenhouse' goes into the losses of light caused by the absorption and reflection by the construction parts of the greenhouse, and estimates the amounts of light that could be expected in a greenhouse in the Netherlands during the seasons. And it estimates the share of supplementary lighting. Some attention is also paid to the possible effects of wasted spray light on crops in greenhouses in the vicinity of supplementally lighted houses.

A few conversion tables are added as a supplement. These supply in a great need, since the field of light is very confusing for many people, and many different units (often wrong units) are used.

Part II is an exploration of the side effects of supplementary lighting on different crops, including cut flowers, pot and bedding plants and vegetables. The information was obtained from practice as well as from the scarce literature. Not all observations are equally well documented and for many there is hardly any information about the frequency of appearance. Obviously most information is available of frequently supplementary lighted crops.

Part III briefly reports of an experiment with roses grown with lighting from high pressure sodium lamps and metal halide lamps, the amount of blue light provided being the main difference between the two lamp types. In addition the effect of an end-of-day far-red lighting treatment was studied. Small differences between the lamps were principally caused by light level, and not the different light spectrum. Irrespective the light source great effects were observed on the stomatal behaviour of the plants, especially later in the season. Lighted plants did not close the stomata during the dark period, and upon transfer to continuous dark there was no clear rhythm in stomatal aperture observed. The rhythm was clearly demonstrated in un-lighted plants, and persisted upon transfer to continuous darkness. Lighted roses from other experiments transpired more after cutting, and were more susceptible to damage in the leaves caused by different concentrations of sugar in the vases. Higher lighting levels did not, but longer lighting periods did increase the transpiration and the amount of leaf damage.

Part IV describes an extensive experiment with two cultivars of rose and with *Eustoma*, conducted twice in one winter season (Oct - March), in which equal amounts of HPS light (same level and same duration of lighting) were added, but with different lighting regimes. In addition the effect of an end-of-day far-red lighting treatment was studied.

The growth rate of shoots and flower development rate were stimulated by longer photoperiods (17 and 20 h. compared with 14 h. photoperiod). Also the eventual length of the shoots was greater. In 'Madelon' the highest percentage of blind shoots was obtained with a photoperiod of 14 h. More, longer and heavier bottom breaks were produced by 'Frisco' with 17 and 20 h. photoperiod than with 14 h. In 'Madelon' 17 h. outclassed both longer and shorter photoperiods regarding the number and total weight of the bottom breaks.

There was no effect of EOD-FR on the development of blind shoots, but in 'Madelon' the weight of shoots and bottom breaks was increased.

Despite the similar daily amount of light the growth and development of the plants was not equal,

indicating that the development and growth of shoots of rose is at least partly under the control of photoperiod, and not fully explained by differences in photosynthesis.

Changing, in the same experiment, the photoperiod from 14 to 17 or 20 resulted in earlier flowering of *Eustoma grandiflorum* 'Fuji blue', and an increased elongation growth of the internodes. In all photoperiodic treatments flowers were formed. With photoperiods of 17 and 20 h. the first flower developed on a lower node than with 14 h. A striking effect of long photoperiods was the far more homogenous flowering of the plants; the harvest period could be reduced to half to one fourth of the time needed with a photoperiod of 14 h.

EOD-FR reinforced the effect of longer photoperiods on stem elongation, and also the effect of photoperiod on flowering. With a photoperiod of 14 h. EOD-FR only stimulated elongation, with no effect on flowering.

Part V describes a number of experiments with weak light from HPS lamps with a number of crops. The lighting levels chosen were relevant for horticultural practice since similar levels can be found in the vicinity of greenhouses with supplementary lighting. Light can escape from greenhouses either by the side walls or by the roof. In the latter case the light is scattered over the environment by clouds, especially in case of heavy overcast, with clear weather the light disappears into space.

The experiment was carried out with the vegetable crops tomato and cucumber, the cut flower crops chrysanthemum and cymbidium, the pot plants poinsettia and fuchsia, and the pot plant / bedding plant / cut flower crop China aster. The light levels used were 0.05 and 0.20 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ PPF, the low level being the threshold level for the obliged installation of side screens in the Netherlands (4-lux commitment).

Except for tomato in all crops clear effects of the weak lighting were observed, ranging from reduced elongation and retarded development and flowering, to enhanced elongation and development and flowering, dependent on the species involved. The effects were generally greater with the 'high' light level, however some responses were already saturated with the lower level. In the second half of the dark period the plants were more sensitive than during the first half.

In areas with a concentration of nurseries there is a serious risk for damage by stray light pollution, especially for those photoperiodically sensitive crops that are not generally screened or darkened (cucumber, poinsettia, alstroemeria, free field culture of chrysanthemum). A possible solution for this problem is the use of lighting underneath a closed screen, which may also help to save some energy.

I RAPPORTAGES

Onderdelen van het onderzoek zijn verschenen als rapporten van het Proefstation voor de Bloemisterij in Nederland, als artikelen in het Vakblad voor de Bloemisterij en in Groenten en Fruit, en als bijdragen aan symposia en symposium proceedings.

- Bakker J A 1992. Effecten van gesimuleerd buurmanlicht. Rapport 143 Proefstation voor de Bloemisterij in Nederland. 35 pagina's.
- Bakker J A en Blacqui re T 1995. Literatuurstudie: Groei en ontwikkeling onder invloed van licht. Rapport 199 Proefstation voor de Bloemisterij in Nederland. 28 pagina's.
- Bakker J A 1995. Inventarisatie neveneffecten van assimilatiebelichting. Rapport 201 Proefstation voor de Bloemisterij in Nederland. 22 pagina's.
- Bakker J A, Blacqui re T en de Hoog, J 1995. Effect van belichtingsregime en verrood licht op stekken van roos 'Frisco' en 'Madelon' en op Eustoma 'Fuji donker blauw'. Rapport 197 Proefstation voor de Bloemisterij in Nederland. 30 pagina's.
- Bakker J A 1991. Lampspectrum van belang. Ook assimilatielicht stuurt. Vakblad voor de Bloemisterij 4, 104-105.
- Bakker J A 1991. Hinder niet alleen visueel beoordelen. Hinder assimilatiebelichting. Vakblad voor de Bloemisterij 34, 50-51.
- Bakker J A 1992. Altijd oppassen met buurmanlicht. Vakblad voor de Bloemisterij 30, 36-37.
- Bakker J A 1992. Assimilatiebelichting: beetje licht heeft veel invloed. Groenten en Fruit vakdeel Glasgroenten 2, 29, 26-27.
- De Graaf- van der Zande M Th en Bakker J A 1992. Callistephus door licht sturen. Vakblad voor de Bloemisterij 47, 22,43.
- Hoog J de jr., Bakker J A en van der Weijden A A, 1994. Vorming, groei en ontwikkeling grondscheuten te be nvloeden. Vakblad voor de Bloemisterij 13, 36-37.
- Bakker J A & Blacqui re T 1992. Reflected supplementary lighting can affect the crops of neighbours. Acta Horticulturae 327, 95.
- Bakker J A , Blacqui re T and Clemens S. 1992. Daylength and end-of-day far-red response of *Eustoma grandiflorum*. European Symposium Photomorphogenesis in Plants, abstract p 48. Tirrenia Pisa, Italy.
- Bakker J A & Blacqui re T 1994. Daylength and end-of-day far-red response of *Eustoma grandiflorum*. Poster en abstract third International symposium Artificial lighting in Horticulture, Noordwijkerhout The Netherlands.
- Bakker J A & Blacqui re T, 1994. Reflected lighting can affect the crops of neighbours. Poster en abstract third International symposium Artificial lighting in Horticulture, Noordwijkerhout The Netherlands.
- De Hoog J and Bakker J A 1994. Influence of supplementary light and end-of-day far-red light on the formation of bottom breaks in Madelon and Frisco roses. Third International Symposium on Artificial Lighting in Horticulture. Noordwijkerhout, The Netherlands.

II Literatuurstudie: Groei en ontwikkeling onder invloed van licht

J.A. Bakker & T. Blacquièrè

Proefstation voor de Bloemisterij
Linnaeuslaan 2a
1431 JV AALSMEER
Tel. 02977-52525

LITERATUURSTUDIE

GROEI EN ONTWIKKELING ONDER INVLOED VAN STRALING

Rapport 199

Prijs f 10,-

J.A. Bakker en Tj. Blacquièr
9 februari 1995

Rapport 199 wordt u toegestuurd na storting van f 10,- op girorekening 174855 ten name van 'Proefstation Aalsmeer' onder vermelding van: 'Rapport 199 Literatuurstudie groei en ontwikkeling onder invloed van straling'

VOORWOORD

De toepassing van assimilatiebelichting in de Nederlandse glastuinbouw heeft er toe geleid dat aan het praktijkonderzoek steeds meer vragen worden gesteld die betrekking hebben op doorgronden van processen die leiden tot een bepaald resultaat. Veel praktijkonderzoek is gericht op het op korte termijn optimaliseren van bepaalde teeltfactoren. De onderzochte factoren hebben echter vaak direct verband met andere factoren waardoor het optimaliseren van de ene factor, onderzoek voor het optimaliseren van andere factoren oproept. Licht was tot voor kort een factor waarop weinig invloed kon worden uitgeoefend. Met de opkomst van assimilatiebelichting was de hoeveelheid licht niet meer een gegeven, maar ontstond de mogelijkheid deze hoeveelheid kunstmatig te vergroten. Informatie over de manier waarop en de richting waarin verschillende factoren samen de groei en ontwikkeling van een plant beïnvloeden, kan het aantal te onderzoeken gewassen en factoren helpen beperken.

In dit verslag worden de resultaten gepresenteerd van literatuuronderzoek in het kader van het EBG/NOVEM-project 'Kwalitatieve neveneffecten van assimilatiebelichting'. Het doel van het project was enerzijds het inventariseren van de beschikbare informatie over kwalitatieve neveneffecten van assimilatiebelichting en de achtergronden daarvan en anderzijds het door het doen van onderzoek achterhalen hoe deze verschijnselen samenhangen met het gebruikte lichtspectrum en belichtingsregime. Bij het onderzoek naar neveneffecten gaat het vooral om morfologische en fysiologische veranderingen die in een plant plaatsvinden door toepassing van assimilatiebelichting. In dit rapport is geprobeerd een overzicht te geven van de invloed van straling op groei en ontwikkeling van planten.

1 INLEIDING	1
2 STRALING, DEELTJES MET EEN GOLFKARAKTER	2
2.1 Zichtbare straling	3
2.2 Straling voor fotosynthese	3
2.3 Straling als stuurlicht	4
3 OMZETTEN VAN STRALINGSENERGIE IN CHEMISCHE-ENERGIE.	5
3.1 De reductie en fixatie van CO ₂	6
3.1.1 C ₃ -metabolisme	7
3.1.2 C ₄ -metabolisme	8
3.1.3 CAM-metabolisme	8
3.2 Effect van interne en externe factoren op de fotosynthese	9
4 STRALING ALS INFORMATIEBRON	13
4.1 Fytochroom	13
4.2 Cryptochroom	14
4.3 Fotoperiodiciteit	14
4.3.1 Biologische klok	15
5 LICHT IN EEN KAS	17
5.1 Assimilatiebelichting	18
5.1.1 Lichtkwaliteit	19
5.1.2 Belichtingsregime en daglengte	20
5.1.3 bijdrage van assimilatiebelichting aan de hoeveelheid groeilicht	21
5.2 Houdbaarheid en kwaliteit	22
5.3 Buurmaneffecten	23
6 REFERENTIES	24
Bijlage 1. Conversietabel voor globale straling, PAR, PPF en lux.	26
Bijlage 2. Begrippen en eenheden	27
Bijlage 3. Kenmerken van planten met verschillende CO ₂ -fixatiemetabolismen	28

1 INLEIDING

Straling is voor de groei en ontwikkeling van planten een van de belangrijkste bepalende factoren. Afhankelijk van doordringend vermogen en energieinhoud wordt een groot aantal verschillende soorten straling onderscheiden. Iedere soort kan aan de hand van de golflengte worden gerangschikt in een elektromagnetisch spectrum. De zonnestraling die het aardoppervlak bereikt (de globale straling), valt voor het grootste deel in het golflengtegebied tussen 280 en 3000 nm ($1\text{ nm} = 10^{-9}\text{ m}$). De straling die een rol speelt bij de groei en ontwikkeling van planten komt uit het golflengtegebied tussen 300 en 800 nm.

Zoals in een oog straling wordt geabsorbeerd door verschillende pigmenten waardoor het mogelijk wordt de omgeving waar te nemen, komen in planten ook pigmenten voor waarmee een plant lichtcondities, zoals hoeveelheid, spectrale samenstelling en richting van de straling en de lengte van de lichtperiode, kan waarnemen. Deze pigmenten absorberen bepaalde gedeeltes uit het elektromagnetisch spectrum tussen 300 en 800 nm. De informatie over de lichtcondities kan door de plant worden gebruikt om, eventueel in combinatie met andere omgevingsfactoren, zijn ontwikkeling aan omgeving en seizoen aan te passen. Processen die zo onder invloed staan van licht zijn bijvoorbeeld rust, knopuitloop, stengelstrekking, bladontwikkeling, bloeiinductie, bloemontwikkeling en knolvorming.

Voor planten is licht niet alleen een bron van informatie maar ook een bron van energie. Plantengroei wordt mogelijk door het vermogen van (de meeste) planten stralingsenergie op te vangen, om te zetten en vast te leggen in een voor hun groei en ontwikkeling bruikbare vorm. Voor het opvangen van stralingsenergie beschikken planten over fotosynthesepigmenten die straling met een golflengte tussen 400 en 730 nm absorberen, waarna de energie chemisch wordt vastgelegd in verschillende (organische) verbindingen.

Gewasgroei wordt primair bepaald door de beschikbare hoeveelheid licht. Een tekort aan licht gedurende de wintermaanden is, voor de Nederlandse glastuinbouw, de belangrijkste oorzaak voor produktievermindering tijdens deze periode. Verhoging van de hoeveelheid licht, door gebruik van assimilatiebelichting, kan de winterproduktie van sommige gewassen aanzienlijk verhogen. De kosten hiervan zijn hoog. Daartegenover staat dat het realiseren van de juiste temperatuur, luchtvochtigheid en het juiste voedingsniveau voor een maximale gewasgroei ook veel geld (en energie) kost. Het rendement daarvan is direct afhankelijk van de beschikbare hoeveelheid licht.

Om het effect van straling op groei en ontwikkeling van planten beter te begrijpen is informatie nodig over de wijze waarop planten met straling omgaan als energie- en informatiebron. Vooral wanneer bij teelt van planten door gebruik van kunstlicht wordt geprobeerd groei en ontwikkeling te beïnvloeden. Met voldoende informatie over de plantereacties op straling kan in zo'n geval het energieverbruik worden geoptimaliseerd.

2 STRALING, DEELTJES MET EEN GOLFKARAKTER

Door straling kan energie worden overgedragen zonder dat daarvoor een tussenstof nodig is. Door absorptie van straling wordt de in de straling aanwezige energie opgenomen. Het gedrag van straling kan worden verklaard door het te beschouwen als een hoeveelheid deeltjes met een bepaalde golflengte die zich met een bepaalde snelheid (in vacuüm $2,998 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$) in een bepaalde richting voortplanten. Iedere stralingsbron kan worden gekarakteriseerd door de verdeling van de uitgestraalde energie over de golflengtes (het stralingsspectrum). Het stralingsspectrum zelf wordt weer onderverdeeld in golflengtegebieden met specifieke eigenschappen. Op deze manier is ook de zonnestraling onder te verdelen in verschillende (kleur en warmte) gebieden (Tabel 1).

Tabel 1; Overzicht van de verschillende golflengtegebieden waarin de globale straling (280-3000 nm) kan worden onderverdeeld.

Type straling	golflengtegebied	bijzonderheden
UV-C	200-280 nm	UV-straling omvat het gebied van 1-400 nm. Straling met een golflengte van minder dan 320 nm heeft een schadelijke invloed op levend weefsel. Straling met golflengtes korter dan 280 nm komt onder normale omstandigheden op aarde vrijwel niet voor.
UV-B	280-315 nm	
UV-A	315-400 nm	
Violet	400-425 nm	Straling uit het gebied van ± 370 -780 nm, kan door mensen visueel worden waargenomen. De gevoeligheid voor straling in dit gebied is sterk afhankelijk van de golflengte. Door straling te relateren aan de menselijk ooggevoeligheid ontstaat een maat voor de zichtbaarheid van die straling.
Blauw licht	425-490 nm	
Groen licht	490-560 nm	
Geel	560-585 nm	
Oranje	585-640 nm	
Rood licht	640-740 nm	Straling uit het golflengtegebied tussen 300 en 800 nm kan door planten worden 'waargenomen'. Straling uit het golflengtegebied tussen 400 en 700 nm kan worden gebruikt bij de fotosynthese.
Verrood	700-800 nm	
Nabij infrarood	740-2500 nm	
Midden infrarood	2500-4000 nm	Warmte-straling

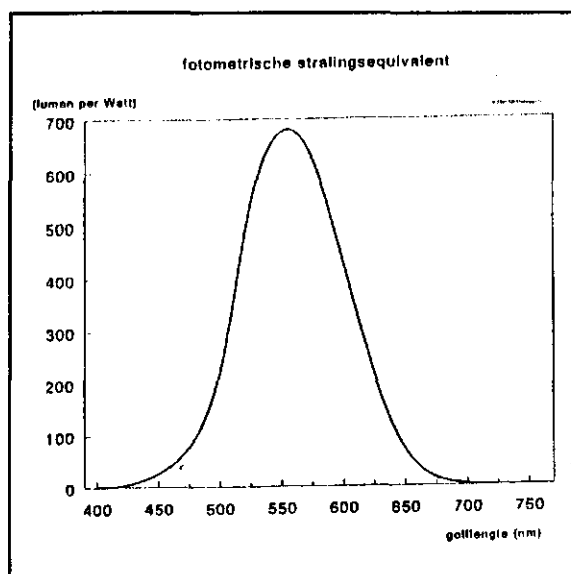
Door straling te beschouwen als golfverschijnsel kunnen niet alle eigenschappen van straling worden verklaard. Stralingsenergie komt niet in willekeurige hoeveelheden voor, maar in veelvouden van een bepaalde hoeveelheid (een foton). Het verband tussen stralingsenergie (E (Joules)) van zo'n enkel deeltje en zijn golflengte wordt gegeven door de uitdrukking $E_\lambda = h \cdot c / \lambda$. (Waarin c gelijk is aan de lichtsnelheid (m.s^{-1}); h een constante ($6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$) en λ de golflengte (m)). De energieinhoud van een foton is dus omgekeerd evenredig aan zijn golflengte; hoe korter de golflengte, hoe groter de energieinhoud (Afbeelding 2). De energieinhoud van een 400-nm foton is bijvoorbeeld 1,75 maal groter dan die van een 700-nm foton. Fotonen met een lange golflengte, zoals in radio en televisiestraling (golflengte 0,01-100 m) hebben weinig energie, fotonen met een korte golflengte zoals in Röntgenstraling (golflengte 10^{-11} m) hebben zoveel energie dat ze chemische verbindingen kunnen verbreken.

Een fundamenteel principe van absorptie van straling, vastgelegd in de Stark-Einstein wet, is dat een molecuule slechts één foton per keer kan absorberen waarbij één elektron in een hogere energietoestand wordt gebracht. De verschillende chemische reacties die verlopen door de absorptie van fotonen, verlopen alleen wanneer de geabsorbeerde fotonen afkomstig zijn uit een, voor een bepaalde reactie karakteristiek, (beperkt) golflengtegebied. Bepaling van de totale hoeveelheid stralingsenergie, zonder informatie over het stralingsspectrum, zegt niets over het aantal fotonen of over de energie van de afzonderlijke fotonen en is daarom niet de juiste methode om straling die een rol speelt bij bepaalde biochemische processen, zoals fotosynthese, te karakteriseren.

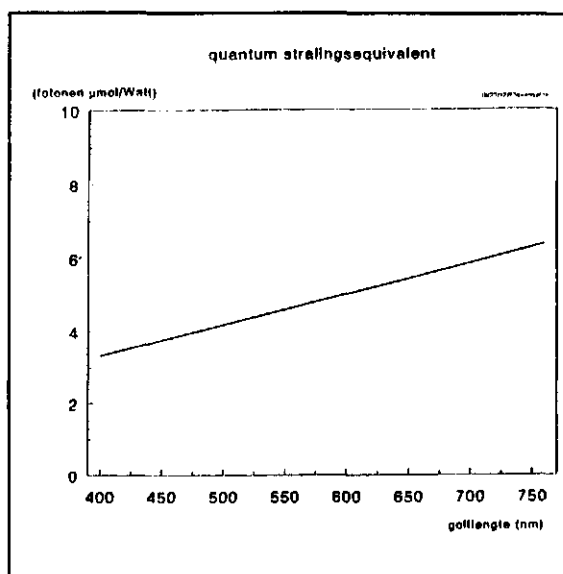
2.1 Zichtbare straling

Licht is gedefinieerd als de straling die met het menselijk oog kan worden waargenomen. Het waarnemingsvermogen van het menselijk oog is beperkt tot het golflengtegebied van ongeveer 370 tot 780 nm. De ooggevoeligheid is afhankelijk van de golflengte; maximaal bij 555 nm en heel laag buiten het golflengtegebied van 400-700 nm. De visuele indruk van straling wordt daarom bepaald door zowel de golflengte (nm) als de sterkte van de straling (W/m^2 of fotonen $\text{s}^{-1}\text{m}^{-2}$).

Op grond van de gemiddelde ooggevoeligheid van een groot aantal mensen is bij internationale afspraak de gevoeligheid van het gemiddeld normale oog vastgesteld. Bij het meten van de lichtsterkte in lumen m^{-2} (lux) wordt rekening gehouden met de ooggevoeligheid door het stralingsspectrum tussen 370 en 780 nm te relateren aan de gevoeligheidskromme van het gemiddeld normale oog (Afbeelding 1). De eenheid lux is relevant bij het kwantificeren van de hoeveelheid (kijk)licht die voor mensen aanwezig is, maar heeft geen fysiologische betekenis voor planten. Helaas wordt lux in de Nederlandse glastuinbouw veel gebruikt om de hoeveelheid groeilicht weer te geven. Dit levert, zeker nu steeds meer gebruik gemaakt wordt van assimilatiebelichting, problemen op bij de vergelijking van resultaten van lichtonderzoek met planten. Door gebruik van lux wordt de kans op verkeerde conclusies en afwijkende resultaten vergroot, vooral wanneer verschillende lichtbronnen met elkaar worden vergeleken. Een overzicht van omrekeningsfactoren tussen verschillende meeteenheden voor straling is opgenomen als bijlage 1. Een luxmeter is bij onderzoek aan planten alleen bruikbaar om variaties van lichtsterkte bij gelijkblijvende lichtkwaliteit te registreren.



Afbeelding 1; Het fotometrisch stralingsequivalent; de hoeveelheid licht die wordt geleverd door straling met bepaalde energie (Watt) is afhankelijk van de golflengte van de straling.



Afbeelding 2; Het fotonen stralingsequivalent; het aantal fotonen per Watt straling neemt toe met de golflengte.

2.2 Straling voor fotosynthese

Door de fotosynthese is een plant in staat stralingsenergie op te vangen en om te zetten in chemische energie die kan worden gebruikt bij de synthese van componenten, nodig voor de opbouw van de plant. De fotosynthese wordt aangedreven door de energie van door fotosynthesepigmenten (chlorofyl en carotenoïden) geabsorbeerde fotonen uit het golflengtegebied tussen 400 en 730 nm.

De mate van absorptie door een gewas is, in het gebied tussen 400 en 700 nm, vrijwel onafhankelijk van de golflengte. Fotonen uit het 'geel-groene' golflengtegebied worden door fotosynthesepigmenten

minder goed geabsorbeerd dan andere fotonen uit het golflengtegebied tussen 400-730 nm, maar in een blad en zeker in een goed ontwikkeld gewas is het uiteindelijke verschil in absorptie erg klein. Door binding van de pigmenten aan de membraansystemen van de chloroplasten wordt het absorptiespectrum ten opzichte van geëxtraheerde fotosynthesepigmenten verbeterd. Waarschijnlijk wordt door interne reflecties (in het blad) van niet geabsorbeerd licht, waarbij iedere keer een deel van die straling alsnog wordt geabsorbeerd, een groot deel van de straling toch opgenomen. Dat zou kunnen verklaren waarom het effect van fotonen uit het gebied tussen 400 en 700 nm op de bladfotosynthese bijna (slechts iets minder in het geel-groene gebied) onafhankelijk is van de golflengte.

Wanneer met monochromatisch licht (licht van één bepaalde golflengte) een fotosynthese-actiespectrum (het effect van verschillende golflengtes op de fotosynthesesnelheid) wordt gemaakt blijkt dat de fotosyntheseëfficiëntie sterk daalt wanneer de golflengte boven 685 nm uitkomt, boven 700 nm vindt met monochromatisch licht vrijwel geen fotosynthese meer plaats (McCree, 1972). Door combinatie van straling met een golflengte uit het gebied tussen 400 en 690 nm met een golflengte uit het gebied van 690-730 nm is fotosynthese mogelijk met straling tot een golflengte van ongeveer 730 nm (Lawlor, 1987; Myers, 1971). Dit is bekend als het Emerson-effect en wordt verklaard doordat voor de lichtreactie twee fotosystemen moeten samenwerken. Slechts één fotosysteem absorbeert straling met een golflengte van 400 tot 730 nm, het tweede fotosysteem absorbeert straling met een golflengte van 400 tot 690 nm. Voor maximale fotosynthese moeten beide fotosystemen functioneren. Kwantitatieve informatie over de relatieve bijdrage van straling met een golflengte van meer dan 700 nm aan de fotosynthese ontbreekt. Op dit moment wordt bij de bepaling van de hoeveelheid fotosynthetisch actieve straling (nog) geen rekening gehouden met golflengtes boven 700 nm. De hoeveelheid, voor de fotosynthese bruikbare, straling wordt op dit moment gemeten tussen 400 en 700 nm.

Omdat fotochemische reacties voor de fotosynthese meer worden bepaald door het aantal geabsorbeerde fotonen uit het golflengtegebied van 400-700 nm dan door de gezamenlijke energieinhoud van deze fotonen is het aantal fotonen uit dit golflengtegebied dat per tijdseenheid op een bepaalde oppervlakte valt de beste maat, voor het momentane niveau van fotosynthetisch actieve straling (**PPF**=Photosynthetic Photon Flux). De som over een bepaalde periode (bijv. dag of teelt), heet **PAP** (Photosynthetically active photons mol.m^{-2} ; Tibbits et al, 1992). Het rendement van een assimilatielamp zou het best uitgedrukt worden als PPF per Watt opgenomen vermogen.

Een andere maat voor groeilicht is de energieinhoud van straling uit het golflengtegebied van 400-700 nm (**PAR**=Photosynthetically Active Radiation; Watt m^{-2}). Vergeleken met PPF is PAR een minder goede maat voor de hoeveelheid straling voor fotosynthese omdat, geen rekening wordt gehouden met de spectrale samenstelling van de straling.

2.3 Straling als stuurlicht

Straling uit het golflengtegebied tussen 300 en 800 nm wordt door een plant ook gebruikt om informatie te verzamelen over zijn omgeving. Naar aanleiding van deze informatie kan een plant zijn groei en ontwikkeling aan de omgeving aanpassen. Licht stuurt op deze manier de ontwikkeling van een plant. De hoeveelheid licht die nodig is om bepaalde 'stuurlicht' effecten (soms al bij 0,01 μmol) op te roepen is echter veel kleiner dan de hoeveelheid die nodig is om de fotosynthese (PPF vanaf ongeveer 10 μmol) goed te laten verlopen. Omdat een plant voor het 'kijken' naar straling over verschillende pigmenten beschikt met ieder hun eigen absorptiespectrum, met in sommige gevallen, een onderlinge interactie, is het geven van de spectrale fotonenverdeling de beste manier om stuurlicht te karakteriseren.

3 OMZETTEN VAN STRALINGSENERGIE IN CHEMISCHE-ENERGIE.

Planten beschikken over fotosynthesepigmenten waarmee stralingsenergie kan worden opgevangen en omgezet in chemische-energie. Deze pigmenten zijn bij groene planten ingebouwd in chloroplasten, speciale structuren, met een intern membraansysteem waarin zich de fotosynthesepigmenten bevinden. De absorptiespectra van de pigmenten en de speciale bouw van de chloroplasten en het blad zorgen ervoor dat lichtenergie uit het golflengtegebied tussen 400 en 700 nm kan worden opgevangen, om te worden omgezet en vastgelegd als chemische energie.

De energieconversie is relatief inefficiënt, gemiddeld slechts enkele procenten van de op een blad vallende PAR wordt in organische stof vastgelegd. Voor het vastleggen en reduceren van één molecuul CO_2 zijn theoretisch minimaal acht fotonen nodig (Hall, Rao 1989; Salisbury, Ross 1992 Hst 10-12; Lawlor, 1987), omgerekend een maximale efficiëntie (rood licht) van ongeveer 30%. De netto fotosyntheseëfficiëntie zal deze waarde nooit kunnen bereiken omdat voor de groei en instandhouding van al bestaande en nieuwe cellen ook energie nodig is. Bovendien wordt niet alle straling geabsorbeerd en in de fotosynthese gebruikt. Een gedeelte van de opgevangen lichtenergie wordt gebruikt voor andere (energievragende) processen dan de fixatie van CO_2 . Onder, voor het fotonrendement, optimale omstandigheden zal de fotonenbehoefte tussen de 12 en de 20 fotonen per gefixeerde CO_2 liggen, een efficiëntie van ongeveer 15-20% (Elinger, Pearcy 1984; Osborne, Garrett 1983, Salisbury en Ross, 1992). Deze waarden worden echter alleen bij lage lichtniveaus en daardoor lage groeisnelheden, bereikt. Bij toenemende lichtsterkte neemt de efficiëntie af omdat dan andere factoren zoals temperatuur, CO_2 , nutriënten- en watertoevoer beperkend worden.

De, kwantitatief, belangrijkste fotosynthesepigmenten zijn de groene pigmenten chlorofyl-a en chlorofyl-b. Daarnaast komen in planten meestal nog één of meer carotenoïden (geel tot oranje) voor. Deze absorberen straling in gebieden waarin chlorofyl nauwelijks absorbeert en dragen die energie over op chlorofyl-a. Carotenoïden hebben naast een functie bij het opvangen van lichtenergie een beschermende functie tegen oxydatie van chlorofyl bij hoge lichtniveaus.

De fotosynthese begint met absorptie van lichtenergie, in de vorm van een foton, door een pigment. Hierdoor komt het pigment, mits de energieinhoud van het foton binnen bepaalde grenzen valt, in een aangeslagen toestand, waarbij een elektron zich in een baan met een hoger energieniveau bevindt. Chlorofyl en andere pigmenten blijven slechts korte tijd in aangeslagen toestand. Wanneer het aangeslagen elektron terugvalt naar het oude energieniveau komt de aanslagenergie weer vrij. Deze energie kan geheel of gedeeltelijk vrijkomen als warmte of als straling (fluorescentie). In een blad komt weinig fluorescentie voor omdat de vrijkomende energie wordt gebruikt voor het aanslaan van een ander pigmentmolecuul of voor fotosynthese. Chlorofyl-a is als enige pigment direct betrokken bij de fotoreacties. De andere pigmenten dienen als antennepigmenten die de opgevangen stralingsenergie doorgeven aan chlorofyl-a. Door fotosynthese wordt de stralingsenergie uiteindelijk chemisch vastgelegd.

Moleculen die bij het vastleggen van energie voor de fotosynthese een belangrijke rol spelen zijn ATP en NADPH_2 ; energierijke dragermoleculen die op hun beurt energie weer kunnen doorgeven. Na de absorptie van stralingsenergie wordt in de lichtreactie ATP en NADPH_2 gevormd, waarbij tegelijkertijd door splitsing van water (H_2O) zuurstof (O_2) vrijkomt. Het proces van lichtabsorptie tot en met de vorming van ATP, NADPH_2 en O_2 , wordt de fotochemische of de **lichtreactie** genoemd. Bij de eropvolgende niet fotochemische **donkerreactie** wordt CO_2 met behulp van ATP en NADPH_2 gereduceerd en gebruikt voor de vorming van energierijke chemische verbindingen (koolhydraten).

De donkerreactie, die via enzymen verloopt, verloopt langzamer dan de lichtreactie, waardoor de fotosynthesecapaciteit door de snelheid van de donkerreactie wordt bepaald (Hall, Rao 1989). De snelheid van de lichtreactie is bovendien vrijwel onafhankelijk van de temperatuur terwijl de donkerreactie, karakteristiek voor enzymreacties, juist sterk afhankelijk is van temperatuur.

De **bladfotosynthesecapaciteit** (de fotosynthesesnelheid bij lichtverzadigde fotosynthese, atmosferische CO_2 - en O_2 -concentratie, optimum temperatuur en hoge luchtvochtigheid), kan per

plantesoort enorm verschillen. Waarden variëren van $1 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ bij bepaalde vetplanten tot $50 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ bij maïs. Deze verschillen worden deels veroorzaakt door variatie in lichtsterkte, temperatuur en de beschikbaarheid van water, maar zelfs bij optimale omstandigheden bestaan tussen soorten zeer grote verschillen. De hoogste fotosynthesecapaciteit komt voor bij planten die van nature voorkomen in voedingsrijke gebieden met een goede (en regelmatige) watervoorziening en hoge lichtniveaus.

3.1 De reductie en fixatie van CO_2

De reductie van CO_2 tijdens de donkerreactie verloopt voor alle planten op dezelfde manier. CO_2 wordt eerst gebonden aan ribulose-1,5-bisfosfaat (RuBP), een C_5 -verbinding die aan beide uiteinden is gefosforyleerd. Het enzym dat verantwoordelijk is voor CO_2 -binding aan RuBP is ribulose-bisfosfaatcarboxylase (Rubisco). Dit enzym komt in relatief grote hoeveelheden voor, soms bestaat 25% van al het bladeiwit uit Rubisco. Bij iedere reactie tussen een molecule CO_2 en Rubisco ontstaat een instabiele C_6 -verbinding die vrijwel direct uiteenvalt in twee moleculen 3-fosfo-glyceraat (PGA, een C_3 carbonzuur) en één molecule H_2O . PGA is het eerste stabiele produkt van de fotosynthetische CO_2 -assimilatie. In de Calvincyclus wordt PGA verder verwerkt tot triosefosfaat, een belangrijke bouwsteen voor een groot aantal verbindingen, waaronder onder andere Rubisco, waaruit een plant is opgebouwd. De energie die voor de bovenbeschreven reacties nodig is wordt geleverd door ATP en NADPH_2 .

Rubisco kataliseert niet alleen de binding van CO_2 aan RuBP maar ook de binding van O_2 (**oxydatie**) aan RuBP. Deze **fotorespiratie** kost, net zoals bij de binding van CO_2 aan RuBP, energie, maar leidt tot het verlies van al gefixeerd CO_2 . Bij reactie van O_2 met RuBP functioneert Rubisco als ribulose-1,5-bisfosfaat-oxygenase, waarbij RuBP wordt geoxideerd tot één fosfoglycolaat en één PGA. Uit fosfoglycolaat ontstaat glycolaat (een gefosforyleerd C_2 -carbonzuur). Twee moleculen glycolaat worden verder verwerkt tot één molecule PGA waarbij één molecule CO_2 vrijkomt. PGA wordt in de Calvincyclus weer verwerkt tot triosefosfaat. De verwerking van glycolaat kost extra energie en bovendien komt CO_2 vrij. In vergelijking met de carboxilatie van RuBP ontstaan bij de oxydatie van twee moleculen RuBP slechts drie moleculen PGA en kost de reactie een ATP extra.

De voorkeur van Rubisco voor CO_2 is veel groter dan voor O_2 . De reactie met O_2 treedt alleen op onder omstandigheden waarbij de O_2/CO_2 -verhouding hoog is. De mate van fotorespiratie is dan ook afhankelijk van de temperatuur, de hoeveelheid licht en de O_2/CO_2 -verhouding van de lucht. Verhoging van een van deze factoren veroorzaakt een directe stijging van de interne O_2/CO_2 -verhouding in een blad waardoor de binding van O_2 door Rubisco aan RuBP wordt gestimuleerd.

Hoewel door fotorespiratie het netto rendement van de fotosynthese en daardoor ook de groeisnelheid afneemt, is het goed mogelijk dat de fotorespiratie fotodestructie van fotosynthesepigmenten voorkomt door het overschot (bij tijdelijk CO_2 -gebrek) aan ATP en NADPH_2 en O_2 , ontstaan bij hoge lichtniveaus, te verwijderen.

Fotorespiratie vindt net zoals fotosynthese alleen plaats in het licht. Ten eerste omdat de vorming van RuBP vooral in het licht plaatsvindt, maar ook omdat door de fotosynthese zelf O_2 wordt geproduceerd waardoor in licht de O_2 -concentratie in een blad hoger is dan tijdens de donkerperiode. Bovendien wordt Rubisco geactiveerd door licht en is het niet actief in het donker zodat het zonder licht CO_2 en O_2 ook niet binden kan. Tussen verschillende plantensoorten bestaan grote verschillen in fotorespiratie; bij sommige soorten, met een inefficiënte fotosynthese, kan de fotorespiratie 50% van de netto fotosynthese bedragen (Hall, Rao, 1989) en gaat een aanzienlijk gedeelte van de opgevangen stralingsenergie verloren aan fotorespiratie.

Het is niet bekend of de normale onderhouds- en groeiademhaling (respiratie) tijdens de fotosynthese doorgaat en ook niet of de ademhalingsnelheid afhankelijk is van de fotosynthesesnelheid of fotorespiratie. Tot nu toe is geen bewijs gevonden van het wel of niet doorgaan of afnemen van de donkerademhaling tijdens de fotosynthese, er zijn echter meerdere punten in de glycolyse, citroenzuurcyclus en het elektronentransport waar intermediären van de lichtreactie en de

fotosynthetische CO_2 -reductie, de mitochondriële activiteit zouden kunnen remmen. Sommige bij de fotosynthetische assimilatie betrokken intermediären spelen ook een rol bij de dissimilatie.

Hoewel de uiteindelijke reductie van CO_2 tot triosefosfaat bij alle planten op dezelfde manier verloopt zijn, op grond van de manier waarop CO_2 uit de omringende lucht wordt opgenomen, drie verschillende metabolismen te onderscheiden: het C_3 -metabolisme, het C_4 -metabolisme en het CAM-metabolisme. C_4 - en CAM-planten beschikken over mechanismen die de efficiëntie van het watergebruik verhogen en het verlies van CO_2 door fotorespiratie verhinderen.

3.1.1 C_3 -metabolisme

C_3 -planten komen van nature vooral voor in de gematigde klimaatzones. De meeste glastuinbouwgewassen horen bij deze groep. CO_2 dat door de, tijdens de lichtperiode geopende, huidmondjes binnenkomt wordt direct door Rubisco aan RuBP gebonden. De inwendige CO_2 -concentratie staat dan ook in direct verband met de CO_2 -concentratie in de buitenlucht. Fotorespiratie is een van de kenmerken van C_3 -planten. Deze planten reageren daarom ook sterker op een veranderde CO_2/O_2 -verhouding in de buitenlucht dan planten met een C_4 - en CAM-metabolisme. Waarschijnlijk is fotorespiratie voor C_3 -planten een van de belangrijkste beperkende factoren van de fotosynthesecapaciteit. Verhoging van de temperatuur, lichtsterkte en verlaging van de CO_2/O_2 -verhouding geeft bij C_3 -planten een duidelijke toename van de fotorespiratiesnelheid.

Verlaging van de hoeveelheid O_2 of verhoging van de hoeveelheid CO_2 in de lucht kan de competitieve binding van O_2 aan Rubisco verminderen. Bij een zuurstofgehalte van minder dan 2% is bij C_3 -planten het CO_2 -compensatiepunt (de CO_2 -concentratie waarbij geen CO_2 meer wordt gefixeerd) vrijwel 0 en de fotorespiratie verwaarloosbaar. Onder normale omstandigheden is het CO_2 -compensatiepunt voor C_3 -planten ongeveer $50\text{--}70 \text{ cm}^3/\text{m}^3$. Verhoging van de CO_2 concentratie tot $1000 \text{ cm}^3/\text{m}^3$ leidt tot een verhoging van de fotosynthesecapaciteit. Hogere concentraties leveren alleen op korte termijn een positief effect, maar op langere termijn kan schade ontstaan. Een verhoogde assimilatie van CO_2 door verhoging van de CO_2 -concentratie in de lucht is dus niet alleen toe te schrijven aan een vermindering van een eventueel CO_2 -tekort maar ook aan een verminderde fotorespiratie. Dat betekent ook dat het positieve effect van een verhoging van de CO_2 -concentratie groter wordt bij hogere lichtniveaus. Bij die lichtniveaus moet in een normale kas meestal worden gelucht om de temperatuur binnen bepaalde grenzen te houden. In zo'n situatie wordt het handhaven van een hoge CO_2 -concentratie een stuk moeilijker en duurder.

Omdat door fotorespiratie CO_2 verloren gaat moeten de huidmondjes langer openstaan voor de opname van een bepaalde hoeveelheid CO_2 dan wanneer fotorespiratie niet zou voorkomen. Door de extra verdamping van water is de waterbehoefte van C_3 -planten relatief hoog. In het water dat door de wortels uit de omgeving van de planten wordt aangezogen zijn verschillende zouten (o.a. voedingsstoffen) opgelost, die zich rond de wortels kunnen ophopen als de opname van die zouten door de wortels (relatief) lager is dan de opname het water. Dit laatste verklaart misschien waarom de gevoeligheid van C_3 -planten voor zout in de bodem hoger is dan bij C_4 - en CAM-planten. Aan de andere kant kan beperking van de verdamping leiden tot een tekort aan bepaalde voedingsstoffen omdat door beperking van de verdamping ook de toevoer van water (met daarin voedingsstoffen) naar de wortels wordt verminderd.

3.1.2 *C₄-metabolisme*

C₄-planten zijn van nature afkomstig uit gebieden met sterk wisselende natte en droge perioden met overdag relatief hoge temperaturen en lichtniveaus. Dankzij een speciale blad anatomie, de 'kran-anatomie', en twee verschillende chloroplasttypen komt fotorespiratie bij *C₄*-planten nauwelijks voor en is het waterverbruik per kg geproduceerde drogestof lager dan bij *C₃*-planten.

De twee verschillende chloroplasttypen komen elk in verschillende celgroepen voor. CO_2 dat door de tijdens de lichtperiode geopende huidmondjes naar binnen komt wordt, samen met de CO_2 afkomstig van de ademhaling, in de chloroplasten van de mesofylcellen, door Fosfoenolpyruvaat(PEP)-carboxylase opgevangen. Dit enzym komt alleen in de mesofylcellen voor en koppelt CO_2 aan PEP. PEP-carboxylase heeft een zeer hoge affiniteit voor CO_2 en oxigenatie, zoals bij Rubisco, komt vrijwel niet voor. Door carboxilatie van PEP ontstaat oxaalacetaat dat wordt gebruikt voor de vorming van malaat of asparataat. Deze *C₄*-carbonzuren worden uit de mesofylcellen getransporteerd naar de vaatbundelschedecellen waar CO_2 weer wordt vrijgemaakt. Het in de chloroplasten van de vaatbundelschedecellen geconcentreerde Rubisco kan vervolgens CO_2 fixeren, zonder interferentie met O_2 uit de buitenlucht. De mesofylcellen vormen op deze manier een buffer tussen de atmosfeer en de vaatbundelschedecellen. Bij een intacte plant ontvangen de vaatbundelschedecellen uitsluitend CO_2 door de decarboxilatie van de *C₄*-carbonzuren uit het mesofyl waarbij de CO_2 -concentratie vaak (aanzienlijk) hoger is dan die van de buitenlucht. Door die hoge CO_2 -concentratie krijgt O_2 geen kans om met Rubisco te reageren. De fotosynthesesnelheid van *C₄*-planten is daarom ook veel minder gevoelig voor veranderingen van de CO_2 -concentratie dan de fotosynthesesnelheid van *C₃*-planten. Verhoging van de CO_2 -concentratie in de lucht boven $400 \text{ cm}^3/\text{m}^3$, heeft bij *C₄*-planten vrijwel geen invloed op de fotosynthesesnelheid.

Voor het verloop van het *C₄*-metabolisme met de daaraan gekoppelde Calvencyclus zijn, in vergelijking met het *C₃* metabolisme, voor iedere gefixeerde CO_2 twee extra ATP nodig. Deze worden gebruikt voor de aanmaak van PEP. Ondanks het hogere ATP verbruik door het *C₄*-metabolisme, is de fotosynthesesnelheid en capaciteit van *C₄*-planten hoger dan die van *C₃*-planten wanneer beide typen worden blootgesteld aan een hoog lichtniveau en hoge temperatuur bij normale CO_2 -concentraties. Daartegenover staat dat *C₃*-planten bij lagere temperatuur en lichtsterkte minstens even efficiënt kunnen zijn als *C₄*-planten (Salisbury en Ross, 1992).

3.1.3 *CAM-metabolisme*

Veel vetplanten die van nature voorkomen in een droge omgeving met hoge dag- en lage nachttemperaturen nemen CO_2 op tijdens de nacht en houden gedurende de dag de huidmondjes gesloten, waardoor weinig water verloren gaat. Dit verschijnsel is vooral bij Crassulaceae onderzocht en wordt (in het Engels) aangeduid met: Crassulaceae acid metabolism (CAM). Dit metabolisme komt bijvoorbeeld voor bij sommige planten van de families Agavaceae, Bromeliaceae, Cactaceae, Crassulaceae, Euphorbaceae, Liliaceae en Orchidaceae. Bij *C₄*-planten is de CO_2 -binding door vorming van *C₄*-metabolieten ruimtelijk gescheiden van de decarboxilatie van PEP en de assimilatie van het daarbij weer vrijkomende CO_2 maar verloopt wel tegelijkertijd. Bij CAM-planten gebeurt dit in dezelfde cellen maar op verschillende tijdstippen. Net zoals bij *C₄*-planten wordt bij CAM-planten CO_2 gefixeerd door binding aan PEP door PEP-carboxylase waarbij malaat wordt gevormd. Het gevormde malaat wordt getransporteerd naar en opgeslagen in vacuoles. Overdag (bij hoge temperatuur en gesloten huidmondjes) treedt malaat (passief) weer uit de vacuoles, wordt CO_2 vrijgemaakt en fotosynthetisch geassimileerd met behulp van Rubisco en de Calvencyclus.

Het vermogen malaat te accumuleren is afhankelijk van het geopend zijn van de huidmondjes, maar ook van de temperatuur en de aanwezigheid van cellen om dit op te slaan. Bij relatief lage temperaturen (15°C) wordt meer malaat gevormd dan bij hogere (25°C) temperatuur. In jonge zich ontwikkelende bladeren zijn de vacuoles vaak nog niet goed ontwikkeld en wordt CO_2 vaak direct volgens het *C₃*-metabolisme gebonden en verwerkt. CAM hoeft niet altijd op te treden, sommige planten vertonen

onder normale omstandigheden geen CAM maar dit mechanisme kan worden geïnduceerd door bijvoorbeeld 'waterstress', 'zoutstress' of temperatuur, maar ook door de lengte van de lichtperiode. *Kalanchoë blosfeldiana* heeft bijvoorbeeld onder korte-dagcondities een CAM-type assimilatie, terwijl deze plant onder langedagcondities assimileert volgens het C₃-metabolisme. Planten met een CAM-metabolisme worden gekenmerkt door een sterkte dag/nachtwisseling in het gehalte organische zuren en een zeer beperkt watergebruik door het omgekeerde openings- en sluitingsritme van huidmondjes. CAM maakt fotosynthese mogelijk bij een minimum aan waterverlies maar het is van de genoemde mechanismen het mechanisme met de laagste fotosyntheseëfficiëntie.

3.2 Effect van interne en externe factoren op de fotosynthese

De fotosynthesecapaciteit van een plant wordt beperkt door aanpassingen van een plantesoort aan zijn (natuurlijke) omgeving. De fotosyntheseëfficiëntie is het resultaat van een aantal aanpassingen die een plant heeft ondergaan (vaak ten koste van de fotosynthesecapaciteit) om zich te beschermen tegen factoren (droogte, extreme temperaturen, lage CO₂-concentratie) die zonder die aanpassing de groei voor een plant onmogelijk zouden maken. De uiteindelijke groei en produktie wordt bepaald door de manier waarop de fotosynthese-energie wordt verdeeld en gebruikt. Factoren die niet direct van invloed zijn op de fotosynthese zijn door hun invloed op de assimilatenverdeling en gewasontwikkeling toch bepalend voor de groei en produktie.

Licht

De fotosynthese wordt primair bepaald door de beschikbare hoeveelheid straling. Hoe hoger de hoeveelheid licht, hoe hoger de fotosynthese. Wanneer het donker is produceert een plant CO₂ omdat voor de groei en instandhouding energie nodig is die wordt vrijgemaakt door de verbranding van suikers (respiratie). In volledig donker vindt dan ook (CAM-planten uitgezonderd) geen CO₂-fixatie plaats. Bij toenemende lichtsterkte is op een gegeven moment de CO₂-produktie door respiratie in evenwicht met de CO₂-fixatie; het **lichtcompensatiepunt**. Wanneer de lichtsterkte boven het lichtcompensatiepunt uitkomt stijgt de fotosynthese-snelheid, gemeten als de CO₂-opname, eerst lineair en proportioneel met de lichtsterkte. Bij hogere lichtsterktes zal de fotosynthesesnelheid steeds minder sterk stijgen, totdat een verhoging van de hoeveelheid licht geen verhoging meer geeft, in die situatie is sprake van **lichtverzadiging** van de fotosynthese. Zowel het lichtverzadigingspunt als het lichtcompensatiepunt van de fotosynthese is afhankelijk van temperatuur, luchtvochtigheid, CO₂-gehalte van de lucht, water- en nutriëntentoevoer en natuurlijk van de plantesoort en het gewasstadium. Het lichtverzadigingspunt is bovendien afhankelijk van de hoeveelheid licht die tijdens de voorafgaande periode is ontvangen. Bij sommige gewassen, zoals maïs, maar bijvoorbeeld ook sommige roze cultivars is zelfs bij de hoogst mogelijke natuurlijke hoeveelheid licht nauwelijks sprake van een lichtverzadigde gewasfotosynthese zolang andere klimaatfactoren optimaal worden gehouden.

Planten die zijn aangepast aan lage lichtniveaus blijken vaak efficiënter bij die lichtniveaus dan planten die aan hoge niveaus zijn aangepast (en vice versa). Bladeren van schaduwminnende soorten en bladeren van schaduwrijke soorten hebben duidelijk verschillende morfologie. Wanneer bladeren van schaduwrijke soorten uitgroeien in de schaduw van andere bladeren ontstaan morfologische aanpassingen die erg lijken op die van schaduwminnende soorten. Deze 'schaduwbladeren' zijn groter en dunner dan de bladeren die zich hebben ontwikkeld in direct zonlicht. Zonnebladeren bezitten een sterker ontwikkeld palisadenparenchym en een dichtere pakking van mesofylcellen dan schaduwbladeren. De 'zonnebladeren' zijn dikker door langere palisadeparenchymcellen en soms zelfs door extra cellagen. Schaduwbladeren investeren meer energie in de produktie van fotosynthesepigmenten en verhogen op die manier de absorptieëfficiëntie. Zonnebladeren beschikken daartegenover weer over meer enzymen waarvan Rubisco het grootste deel uitmaakt. Hierdoor wordt waarschijnlijk de fotosynthesecapaciteit verhoogd. Tussen 'zonne- en schaduwbladeren'

van dezelfde soort kunnen verschillen in fotosynthesecapaciteit van een factor 5 voorkomen (Salisbury, Ross, 1992).

Volgroeide bladeren zijn gedeeltelijk in staat zich aan veranderde lichtomstandigheden aan te passen. Het aanpassingsvermogen van een plant wordt waarschijnlijk voor een belangrijk deel bepaald door de ontwikkelingssnelheid van nieuwe bladeren.

Temperatuur

Wanneer weinig licht beschikbaar is wordt de fotosynthesesnelheid volledig bepaald door de beschikbare hoeveelheid licht. Zolang de hoeveelheid licht beperkend is heeft de temperatuur relatief weinig invloed op de fotosynthese. Bij hogere lichtniveaus is de fotosynthesesnelheid echter wel temperatuurafhankelijk en spelen andere factoren (bijvoorbeeld reactiesnelheid enzymen) een rol dan alleen de absorptie van fotonen. De optimum temperatuur bij een bepaalde lichtsterkte is sterk afhankelijk van de plantesoort. Op enkele uitzonderingen na hebben C_4 -planten een hoger temperatuuroptimum voor de fotosynthese dan C_3 -planten. Dit verschil komt waarschijnlijk door de invloed van de temperatuur op de fotorespiratie. De temperatuur heeft relatief weinig invloed op de snelheid van de lichtreactie en de diffusiesnelheid van CO_2 , maar wel op fixatie van CO_2 en op de verwerking ervan. Temperatuurverhoging geeft daarom binnen zekere grenzen een verhoging van de fotosynthesesnelheid. Het verlies van CO_2 door respiratie en fotorespiratie neemt onder invloed van stijgende temperatuur echter ook toe. Het positieve effect van temperatuurverhoging op de fotosynthesesnelheid is daarom het sterkst bij C_4 -planten.

Water

De beschikbaarheid van water is (vooral bij C_3 -planten), na de beschikbare hoeveelheid licht, waarschijnlijk de meest voorkomende fotosynthese-beperkende factor. Beperking van de watertoevoer naar de groeiende plantedelen, door bijvoorbeeld te sterke verdamping zal de celstrekking verminderen en daarmee ook de groei. Bij toenemende waterstress zullen de huidmondjes gaan sluiten en wordt de CO_2 -opname geremd. Water beperkt in zo'n geval de fotosynthese door zowel beperking van de CO_2 -opname als de bladstrekking.

Water is het medium waarin alle biochemische reacties binnen een plant verlopen. Ook CO_2 moet eerst in water oplossen voordat de fotosynthesereacties kunnen verlopen. Wanneer het water van een plant in direct contact zou staan met de buitenlucht, zou door verdamping meer water worden verloren dan door de wortels kan worden aangevuld. Op de langere termijn zal geen enkele plant zo'n situatie overleven. Alle planten zijn dan ook, in meer of minder mate, beschermd tegen waterverlies. De mate van bescherming is sterk soortafhankelijk; hoog bij soorten die van nature in droge gebieden voorkomen, lager bij soorten die van nature in een vochtige omgeving groeien. Gasuitwisseling met de omgeving verloopt voornamelijk via de huidmondjes. De openingstoestand daarvan bepaalt de snelheid van gasuitwisseling (H_2O , O_2 en CO_2). Bij gesloten huidmondjes is het verlies van water door verdamping, maar ook de uitwisselingssnelheid van CO_2 en O_2 erg laag. De openingstoestand van de huidmondjes staat onder invloed van verschillende interne en externe factoren die er samen voor zorgen dat fotosynthese mogelijk is zonder dat de waterhuishouding te veel wordt verstoord.

Een beperkte watervoorziening heeft direct effect op de fotosynthese via het sluiten van de huidmondjes, anderzijds bestaan aanwijzingen dat verlaging van het watergehalte ook een direct negatief effect op de fotosynthese heeft (Lawlor, 1987). Canadees onderzoek met rozen heeft laten zien dat een constante (≈ 75 -80%) relatieve vochtigheid gedurende de zomer produktie, taklengte en gewicht en bladoppervlakte kan verhogen. Gedurende de wintermaanden wordt de produktie vooral door het lichtniveau bepaald (Anonymus, 1992). Een verhoogde luchtvochtigheid verhoogde de RGR bij komkommer. Bij een luchtvochtigheid tussen 55-75% werd dit veroorzaakt door toename van de geleidbaarheid van de huidmondjes, bij een luchtvochtigheid tussen 75 en 95% nam de specifieke en de totale bladoppervlakte toe (Van de Sanden, Veen, 1992).

In het water dat door de wortels uit de omgeving wordt aangetrokken zijn ook de voedingsstoffen opgelost die nodig zijn voor de opbouw en het functioneren van een plant. De wortels van een plant zijn in staat de in het bodemwater opgeloste voedingsstoffen op te nemen. Wanneer de verdamping van een plant wordt beperkt neemt de toevoersnelheid van voedingsstoffen naar de wortels van die plant echter ook af. Een sterk verminderde verdamping kan op die manier leiden tot tekort aan voedingsstoffen in de directe omgeving van de wortels, waardoor de groei van de plant als geheel ook vermindert.

CO₂

De CO₂-concentratie heeft grote invloed op de fotorespiratie van glastuinbouwgewassen (omdat dit vrijwel allemaal C₃-planten zijn), terwijl de invloed op de gewone respiratie (=ademhaling voor groei, onderhoud, ionenopname ect.) veel kleiner is. De fotorespiratie is direct gekoppeld aan de fotosynthese, hoge niveaus van fotosynthese gaan samen met hoge niveaus van fotorespiratie. Remming van de fotosynthese met chemische middelen (zoals DCMU) remt ook de fotorespiratie.

In het gebied waar lichtabsorptie de fotosynthese beperkt, heeft verandering van de CO₂-concentratie weinig effect op de fotosynthese. Bij hogere lichtniveaus staat, vooral bij C₃-planten de fotosynthesesnelheid duidelijk onder invloed van de CO₂-concentratie.

Verhoging van de CO₂-concentratie boven de normale atmosferische waarden heeft vrijwel geen effect op de fotosynthesesnelheid van C₄-planten. Door verhoging van de CO₂-concentratie bij lichtverzadigde omstandigheden van normaal (ongeveer 350 ml/m³) tot 800-900 cm³/m³ kan de fotosynthesesnelheid en de groeisnelheid van planten met een C₃-metabolisme nog wel vergroot worden.

Kunstmatige verhoging van de CO₂-concentratie is alleen haalbaar wanneer planten in afgesloten ruimtes worden geteeld. CO₂-dosering kan in die situaties worden gebruikt om de CO₂-opname door de fotosynthese te **compenseren** (het constant houden van de CO₂-concentratie) en om de CO₂-concentratie te **verhogen** tot boven de natuurlijke concentratie. Het absolute effect van verhoging van de CO₂-concentratie is het hoogst bij hoge lichtsterktes en in situaties waarbij door droogte de huidmondjes gedeeltelijk gesloten zijn. Overigens heeft CO₂-dosering ook bij omstandigheden met weinig licht een positief effect op de fotosynthese. De winterproductie van komkommers kan door CO₂-dosering tot een concentratie van 700 ppm met 50% worden verhoogd (Grimstad, 1990). In situaties waarbij de CO₂-concentratie door de fotosynthese afneemt is het compenseren van de CO₂-opname, naast verhoging van de CO₂-concentratie, waarschijnlijk een van de belangrijkste effecten van CO₂-dosering.

Langdurig blootstellen aan een verhoogde CO₂-concentratie kan leiden tot aanpassing van de plant, waardoor deze bij verlaging van de CO₂-concentratie een lagere fotosynthesesnelheid heeft dan planten die zich niet aan de verhoogde concentratie hebben aangepast. Het aantal en de grootte van de huidmondjes neemt af wanneer planten langdurig worden blootgesteld aan hogere CO₂-concentraties. Het is niet bekend of en in welke mate dit verschijnsel zich voordoet in de Nederlandse glastuinbouw. Het effect wordt niet altijd gevonden en het is de vraag of het een primair effect is van een verhoogde CO₂-concentratie. In de praktijk wordt CO₂ alleen bij gesloten luchtramen gedoseerd tot waarden boven de buitenwaarde. Aanpassing van een gewas aan een hoge CO₂-concentratie zou in zo'n geval kunnen betekenen dat bij het openen van de ramen (meestal bij veel licht) de fotosyntheseëfficiëntie van dat gewas lager is dan van een gewas waarbij de CO₂-concentratie niet is verhoogd.

Bij kortdurende experimenten neemt de fotosynthesesnelheid bij sommige gewassen lineair toe met toenemende CO₂-concentratie tot 5000 ml/m³, langdurige blootstelling aan deze concentraties veroorzaakt echter bladbeschadiging (Hall, Rao, 1989). Op korte termijn (enkele uren) kan verhoging van de CO₂-concentratie tot 1000 ppm de fotosynthese met 50-60% verhogen. Op langere termijn (dagen tot weken) is het effect van een verhoogde CO₂-concentratie op de drogestofproductie kleiner: ongeveer 15-20% (Moe 1985, Mortensen en Moe 1983).

De optimale CO₂-concentratie is afhankelijk van de hoeveelheid licht en de temperatuur. Bij lagere lichtniveaus is de CO₂-concentratie waarbij CO₂-verzadiging optreedt lager. Verhoging van de CO₂-

concentratie verhoogt ook het niveau waarbij lichtverzadiging van de fotosynthese optreedt. Te hoge CO_2 -concentraties kunnen echter ook leiden tot het sluiten van huidmondjes, met als gevolg een daling van de fotosynthese.

O_2

De invloed van verschillende O_2 -concentraties op de fotorespiratie is duidelijk anders dan de invloed daarvan op de normale ademhaling. De normale ademhaling is bij zuurstofgehaltes van 1-2% verzadigd en reageert niet meer op een verhoging van de O_2 -concentratie. De fotorespiratie is bij een O_2 -concentratie van minder dan 2% niet meetbaar. De snelheid van fotorespiratie blijft na verhoging van de O_2 -concentratie boven de 2%, toenemen met toenemende O_2 -concentraties tot zelfs O_2 -concentratie van bijna 100%.

Assimilatenafvoer

De fotosynthesesnelheid staat gedeeltelijk onder invloed van de snelheid waarmee fotosyntheseprodukten afgevoerd worden. Wanneer de afvoermogelijkheid wordt verkleind door bijvoorbeeld het verwijderen van ontwikkelende vruchten, knollen of zaden, neemt de fotosynthese na enige dagen af. Wanneer de fotosynthese van een plant wordt verminderd door verwijdering of verduisteren van een aantal bladeren neemt de fotosynthesesnelheid van de andere bladeren vaak toe. Op welke manier de afvoersnelheid van assimilaten de fotosynthese beïnvloedt is nog niet goed bekend; sommige plantensoorten slaan bij hoge fotosynthesesnelheid en lage afvoersnelheid zetmeel op in de chloroplasten. Ophoping van zetmeel in de chloroplast zou de fotosynthesecapaciteit kunnen verminderen door gedeeltelijke afscherming van de fotosynthesepigmenten. Misschien bestaat er ook een terugkoppelingsmechanisme waarbij de fotosynthese wordt geremd door ophoping van suikers of andere fotosyntheseprodukten.

4 STRALING ALS INFORMATIEBRON

Planten zijn niet alleen voor hun energievoorziening afhankelijk van licht, maar gebruiken het ook als bron van informatie om zich zo goed mogelijk aan de bestaande lichtomstandigheden aan te passen. Alle straling, mits voldoende sterk om te worden waargenomen door planten, werkt als informatiebron. Het lichtniveau waarbij 'netto' fotosynthese plaatsvindt is ongeveer 1000 keer zo hoog als het lichtniveau dat al door een plant kan worden 'waargenomen'. Het verschijnsel dat de groei en ontwikkeling van planten door licht wordt gestuurd wordt fotomorfogenese genoemd.

In veel gevallen is de sterkte van een reactie op licht, sterk afhankelijk van de habitat en de (ecologische) niche van de soort. Bij schaduwminnende plantensoorten is bijvoorbeeld de toename van LAR (bladoppervlakte per gram blad) bij lage lichtintensiteit veel groter dan bij schaduwrijke (Blackman en Wilson, 1951). De stengelstreking van schaduwrijke planten als reactie op een lage rood/verrood-lichtverhouding is meestal sterker dan van planten die van nature in een schaduwrijke omgeving voorkomen.

Voor het 'waarnemen' van de lichtomgeving beschikt een plant over meerdere fotoreceptorpigmenten. Tegenwoordig wordt aangenomen dat er drie fotoreceptorsystemen bestaan: fytochroom (350-800nm), cryptochroom (blauw/UV-A fotoreceptor 320-400nm) en een UV-B fotoreceptor (280-320 nm). Van deze drie is fytochroom het meest onderzocht, over cryptochroom en UV-B fotoreceptor is erg weinig bekend. Fytochroom is vooral gevoelig in het rode en verrode gebied. Andere receptoren absorberen in het UV-A en blauwe gebied (cryptochroom) en in het UV-B gebied. Informatie over richting, sterkte, daglengte en spectrale samenstelling van het licht wordt door deze pigmenten opgevangen en vertaald in reacties zoals huidmondjesopening (Tremblay et al, 1988; Zeiger et al, 1987), zaadkieming, knopuitloop, bladontwikkeling, bloeiinductie en ontwikkeling van bloemen en stengelstreking.

Hoewel spectrale veranderingen (bij gelijke PPF) weinig invloed hebben op de fotosynthesesnelheid (McCree, 1972), kan de fotosynthese indirect wel door spectrale veranderingen worden beïnvloed door fotomorfologische reacties.

4.1 Fytochroom

Fytochroom is het meest onderzochte fotoreceptorpigment en kan in twee vormen voorkomen. Als eerste de rood absorberende vorm (P_r) (absorptiepiek bij 660 nm), als tweede de verrood absorberende vorm (P_{fr}) (absorptiepiek 730 nm). P_r is fysiologisch niet actief maar verandert door bestraling met rood licht in het fysiologisch wel actieve P_{fr} . P_{fr} kan weer veranderen in P_r door bestraling met verrood licht. De rood/verrood-verhouding van het licht bepaalt op die manier de verhouding tussen de hoeveelheid actief en inactief fytochroom. De P_r/P_{fr} -verhouding van fytochroom is voor verschillende reacties op lichtkwaliteit een belangrijke factor. Fytochroom is niet alleen gevoelig in het rode en verrode gebied, maar reageert ook, zij het in veel minder sterke mate, op straling uit het golflengtegebied tussen 350 en 450 nm. Straling uit het golflengtegebied van 350-400 nm geeft een reactie die lijkt op de reactie op rode straling, straling uit het gebied tussen 400-450 nm geeft een reactie die lijkt op de reactie op verrood. Omdat gevoeligheid van fytochroom voor straling uit het 350-450 nm gebied veel lager is dan voor straling uit het rood-verrood gebied, kan de response op straling uit het gebied tussen 350-450 nm al door kleine hoeveelheden rood of verrood worden gecompenseerd.

Fytochroom speelt een rol bij een groot aantal verschillende plantereacties, waaronder bloemontwikkeling, daglengterespons, de kieming van lichtgevoelige zaden en de reactie van schaduwrijke planten op schaduw. In dit laatste geval heeft de rood/verrood-verhouding een sterk effect op stengelstreking, bladsteellengte, en drogestofverdeling. Met behulp van fytochroom kan een plant de aanwezigheid van andere planten (concurrenten) 'waarnemen'. Een plant absorbeert het rode licht voor de fotosynthese waardoor de verhouding tussen de hoeveelheid rood en verrood licht verandert naarmate het licht meer blad is gepasseerd. Een lage rood/verrood-verhouding van het licht

is voor een plant het signaal dat hij onder andere planten groeit. Een groot aantal cultuurgewassen behoort tot deze schaduwmijdende groep en reageert op de rood/verrood-verhouding van licht. Verlaging van de rood/verrood-verhouding stimuleert bij deze groep de strekking van de hoofdscheut ten koste van de ontwikkeling van de zijscheuten en de bladexpansie. Verhoging van de rood/verrood-verhouding remt de stengelstrekking en stimuleert de bladontwikkeling en de uitloop van zijknoppen.

Niet alleen de lichtkwaliteit tijdens de lichtperiode, maar ook de lichtkwaliteit voorafgaand aan de donkerperiode kan de plantvorm belangrijk beïnvloeden. De lichtkleur die de plant het laatst 'gezien' heeft kan de ontwikkeling tijdens een groot deel van de daaropvolgende donkerperiode sturen. Het effect van licht met een hoge rood/verrood-verhouding kan worden omgekeerd door een nabelichting met licht met een lage rood/verrood-verhouding en andersom geldt hetzelfde. De rood-verrood omkeerbaarheid van een reactie is zelfs een van de belangrijkste aanwijzingen dat fytochroom bij die reactie betrokken is.

4.2 Cryptochroom en UV-B receptor

Nog voor de invloed van rood licht op de plantengroei werd ontdekt was al bekend dat blauw licht een rol speelde bij de fototropie (=kromming van planten naar, of vanaf, het licht) (Sachs 1864). In tegenstelling tot fytochroom is echter nog nooit een blauwlichtreceptor geïsoleerd. Het bestaan van een blauw en UV-A absorberende fotoreceptor (cryptochroom) en een UV-B absorberende fotoreceptor is tot nu toe afgeleid uit actiespectra van blauw licht op verschillende plantereacties. Reacties waarbij blauw licht een rol speelt zijn bijvoorbeeld remming van stengelstrekking, fototropie, opening van huidmondjes, eiwit- en enzymsynthese en chloroplastontwikkeling. Cryptochroom speelt ook een rol bij de aanpassingen van het fotosynthesesysteem aan de lichtsterkte.

Twee belangrijke glasgroentegewassen, tomaat *Lycopersicon esculentum* en sla *Lactuca sativa* zijn gevoelig voor blauw licht. De stengelstrekking wordt door extra blauw licht geremd, zelfs wanneer de gebruikte lichtbron een hoge rood/verrood-verhouding heeft. (Thomas, Dickinson, 1979).

Veel fotoresponsen bij planten blijken zowel door rood als blauw licht geactiveerd te worden. Omdat fytochroom zowel door rood als door blauw licht geactiveerd kan worden en niet alle door fytochroom gereguleerde reacties rood-verrood omkeerbaar zijn, is het moeilijk andere fotoreceptoren aan te tonen. Het afzonderlijk onderzoeken van fotoresponsen van een fotoreceptor, waarbij de invloed van andere receptoren wordt uitgesloten, is erg moeilijk.

4.3 Fotoperiodiciteit

Bloei is de bekendste, maar wel een van de vele, processen in een plant die door de daglengte kunnen worden beïnvloed. Andere processen zijn bijvoorbeeld zaadkieming, bladval, bol-, knol- en wortelvorming en de vorming van uitlopers. De reactie van een plant op daglengte kan kwantitatief of kwalitatief zijn. In het eerste geval zal een reactie zowel bij lange als kortedag optreden maar wordt de sterkte en of snelheid van de reactie bepaald door daglengte. In het tweede geval treedt een reactie alleen op bij het overschrijden van een bepaalde dag- of nachtlengte.

De duur van bloeiinducerende omstandigheden, nodig voor de uiteindelijke bloeiinductie kan, afhankelijk van de soort, variëren van een dag tot meerdere weken. Na de bloeiinductie moet de bloemontwikkeling plaatsvinden. De bloemontwikkeling zelf kan echter ook afhankelijk zijn van de daglengte.

Naar aanleiding van de bloeireactie op daglengte is een algemene onderverdeling te maken in langedagplanten, daglengteneutrale en kortedagplanten. Langedagplanten beginnen te bloeien of laten een toename van de bloei zien wanneer de lengte van de lichtperiode een bepaalde grens overschrijdt, terwijl dit bij kortedag planten gebeurt wanneer de lengte van de lichtperiode beneden een bepaalde waarde komt. De bloei van een daglengteneutrale plant is onafhankelijk van de fotoperiode. Het is

mogelijk dat bepaalde reacties van een voor bloei daglengteneutrale plant wel onder invloed van de daglengte staan.

Omdat voor de kritische daglengte verschillende definities bestaan is het voor de interpretatie van onderzoeksgegevens belangrijk te weten welke definitie gebruikt is. Meestal wordt onder kritische daglengte voor langedagplanten verstaan de daglengte die moet worden overschreden om een response op te roepen en voor kortedagplanten de daglengte waaronder een response wordt opgeroepen. Een andere definitie die tegenwoordig meer in de belangstelling komt is voor langedagplanten de daglengte waaronder de bloeireactie vertraagd wordt en voor kortedagplanten de daglengte waarboven de reactie vertraagd wordt.

De verdeling in langedag-, daglengteneutrale en kortedagplanten is niet volledig, er zijn ook planten die pas gaan bloeien na langedag gevolgd door korte dag (herfst) of kortedag gevolgd door lange dag (voorjaar/zomer). Er zijn zelfs planten die pas gaan bloeien wanneer de daglengte tussen twee kritische waarden komt (dag langer dan..., maar korter dan ...).

Voor verschillende daglengtegevoelige gewassen is de reactie op de lengte van de lichtperiode afhankelijk van de lichtkwaliteit en de plantensoort. Poinsettia, een kortedagplant, is bijvoorbeeld gevoeliger voor rood en verrood licht dan voor blauw licht, maar de bloemontwikkeling van chrysant, ook een kortedagplant, is niet gevoelig voor verrood licht. Bovendien is de spectrale gevoeligheid ook nog afhankelijk van het belichtingsregime. Bij dagverlenging is de gevoeligheid van verschillende LDP maximaal in het verrode gebied terwijl dit maximum bij nachtonderbreking is verschoven naar 660 nm (Deitzer, 1984).

De daglengte kan de bloei en verschillende andere ontwikkelingsprocessen van een plant beïnvloeden maar het is nog niet duidelijk welk omgevingssignaal het begin en einde van een dag aangeeft. Onder natuurlijke omstandigheden kunnen tijdens de overgang van dag en nacht veranderingen optreden in de spectrale samenstelling van het licht. De verschillen die tussen verschillende dagen voorkomen zijn echter van dezelfde grootte-orde. Hierdoor lijkt de spectrumverandering tijdens de overgangperiode tussen dag en nacht geen betrouwbaar daglengtesignaal. De intensiteitsveranderingen lijken wat dat betreft betrouwbaarder (Hudges et al., 1984).

4.3.1 Biologische klok

Synchronisatie van plantereacties biedt voor de plant een nuttige aanpassingsmogelijkheid aan een veranderende omgeving. Van verschillende planten (*Phaseolus*, *Oxalis*, *Acacia*, *Mimosa*) zijn reacties bekend die volgens een dag-nachtritme verlopen. Processen die onder invloed van, al dan niet endogeen bepaalde, ritmes verlopen zijn bijvoorbeeld bloei (*Kalanchoë*), bladbewegingen (boon), guttatie (aardbei), celstrekking (komkommer), fotosynthese en huidmondjesopening (roos, banaan).

De aanpassing aan de dagelijkse ritmen van licht en donker houdt in dat een plant in staat moet zijn om op één of andere manier de duur van dag en nacht te registreren. Daarnaast moet een plant beschikken over een fotoreceptor om onderscheid te kunnen maken tussen licht en donker. Uit onderzoeksresultaten waaruit bleek dat sommige ritmen ook onder continue omstandigheden doorgaan (Sweeney, 1987), kan worden afgeleid dat sommige ritmen endogeen zijn bepaald. Een periode van een endogeen bepaald ritme is onder continue omstandigheden niet helemaal gelijk aan 24 uur en de fase van het ritme kan zelfs kunstmatig veranderd worden. Om in evenwicht te blijven met het ritme van de omgeving moet het endogeen ritme dus worden gesynchroniseerd. De overgang van licht naar donker is voor veel planten het signaal waaraan een inwendig ritme wordt gelijk gesteld. Fytochroom speelt bij de synchronisatie van een ritme aan de dagelijkse lichtdonker cyclus een rol. Rood licht kan bijvoorbeeld het bladbewegingsritme van *Samanea saman* initiëren maar verrood licht kan dit effect weer ongedaan maken (Sweeney, 1987).

Een veel gebruikt voorbeeld van een endogeen ritme zijn de dagelijkse 'slaapbewegingen' van bladeren. Bij verschillende planten is de bladstand tijdens de lichtperiode min of meer horizontaal en

tijdens de donkerperiode omlaag of omhoog gericht. Worden deze planten vanuit de dagelijkse licht/donker-wisselingen in continu licht of donker geplaatst, dan blijft deze bladbeweging bestaan ondanks het ontbreken van de dagelijkse veranderingen van licht en donker. Ook het sluitings- en openingsritme van de huidmondjes staat onder invloed van een endogeen ritme. Huidmondjes van de roos 'Sonia' vertonen de eerste 24 uur na overplaatsing van een kas naar een volledig donkere ruimte vrijwel hetzelfde openings- en sluitingsritme als de huidmondjes van planten in de kas.

Naast circadiane (=ongeveer dagelijkse) ritmen bestaan ook ritmen met een afwijkende periodiciteit, van enkele minuten tot enkele tientallen jaren. (Tropische bamboes bloeien eens in de dertig tot veertig jaar. Uit hetzelfde moedermateriaal vegetatief vermeerderde planten komen over de hele wereld op hetzelfde moment in bloei (Bruinsma, 1983)).

Het bestaan van endogene ritmes bij verschillende fysiologische processen kan een probleem vormen voor de juiste interpretatie van onderzoeksgegevens. Zeker omdat voor veel processen informatie over het belang van bepaalde ritmiciteit en de betekenis daarvan voor de plant als geheel ontbreekt. Het feit dat sommige planten voor een normale groei en ontwikkeling een bepaalde donkerperiode nodig hebben zou een aanwijzing kunnen zijn dat het bestaan van ritmes voor het functioneren van een plant belangrijk is.

5 LICHT IN EEN KAS

De stralingssterkte van de zon aan de buitenkant van de dampkring is ongeveer 1.368 W m^{-2} . In de atmosfeer gaat een belangrijk deel van de straling door absorptie en reflectie verloren zodat op een onbewolkte heldere zomerse dag de globale stralingssterkte op de grond, onder Nederlandse omstandigheden, waarden kan bereiken van maximaal 900 W m^{-2} . De globale straling op een bepaalde plaats varieert, afhankelijk van de tijd van het jaar, de breedtegraad, hoogte en klimatologische factoren.

De hoogste gemiddelde uurwaarde van globale stralingssterkte valt voor Nederland ongeveer in juni tussen 12:00 en 13:00 uur en ligt ongeveer tussen 530 (De Bilt) en 614 (De Kooy) W m^{-2} (Velds et al, 1993).

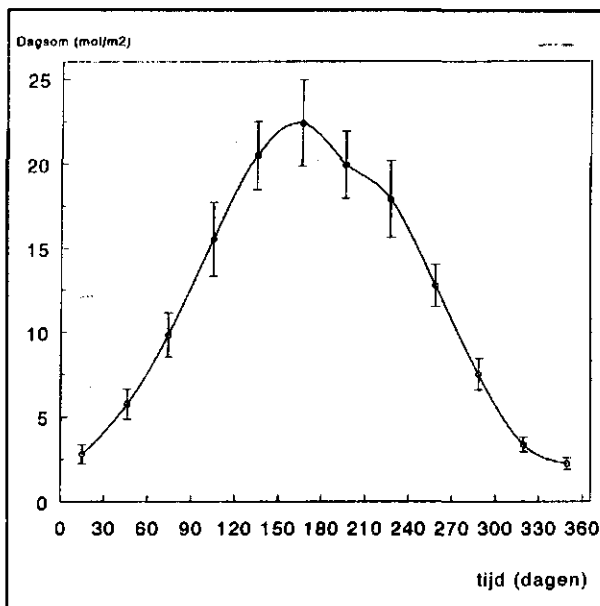
De voor plantengroei beschikbare stralingsenergie wordt vaak afgeleid van de gemeten globale straling. Bij helder zonnig weer is het PAR aandeel van de totale globale straling ongeveer 45%, maar afhankelijk van weersgesteldheid en zonnestand kan dat variëren tussen 40 en 60%. De hoeveelheid bewolking heeft de grootste invloed op het PAR-aandeel. Bij zwaarbewolkt weer bestaat de globale straling voor ongeveer 60% uit PAR (Nobel, 1991; Schurer 1991; Velds, 1993). Bij berekeningen van de hoeveelheid PAR wordt meestal uitgegaan van 45%. Uitgaande van deze aanname varieert de voor de planten dagelijks beschikbare hoeveelheid stralingsenergie, onder Nederlandse omstandigheden, tussen 400 en 700 nm van 800 kJ m^{-2} ($3,6 \text{ mol m}^{-2} \text{ dag}^{-1}$) in december tot 8000 kJ m^{-2} ($36 \text{ mol m}^{-2} \text{ dag}^{-1}$) in juni (Afbeelding 3). De sterkte van de fotosynthetisch actieve straling zal s'zomers in een Nederlandse kas waarden kunnen bereiken van maximaal $1400 \mu\text{mol}$ (PPF) en s'winters (december) van ongeveer $300 \mu\text{mol}$.

De doorlatendheid van een modern kasdek varieert, afhankelijk zonnestand en bewolking tussen 30% en 75%. Vooral in de winter, bij helder weer, is de transmissie vaak veel lager dan wordt aangenomen (Nederhoff et al. 1986). Dit betekent dat voor momentane meetwaarden van een solarimeter geen vaste omrekeningsfactor naar PAR kan worden gegeven (Schurer, 1991).

Ondanks de variatie van het aandeel PAR in de totale kortgolvlige straling, verandert onder natuurlijke omstandigheden de spectrale samenstelling van daglicht tussen 400 en 700 nm bijna niet. Het aandeel van de straling uit het golflengte gebied tussen 300 en 400 nm varieert van 5,5 % bij onbewolkt weer en hoge zonnestand (90°) tot 10,0 % bij zwaarbewolkt weer en lage zonnestand (45°). Bij zonsopgang en zonsondergang nemen de relatieve hoeveelheden verrood (700-800nm) en blauw (400-500nm) iets toe (Attridge, 1990).

De grootste veranderingen van het daglicht-spectrum treden vooral op door de gedeeltelijke absorptie van het daglicht door bladpigmenten.

Omdat deze voornamelijk licht absorberen tussen 280 en 700nm ontvangen planten in de schaduw van andere planten relatief meer verrood licht (700-800nm) dan planten die in direct licht staan. De meeste effecten van lichtkwaliteit op plantengroei staan onder invloed van de relatieve veranderingen van in het licht voorkomende hoeveelheden blauw, rood en verrood licht.



Afbeelding 3; De dagsom van fotosynthetisch actieve straling (PAP) in een kas, afgeleid van de globale straling in de Bilt over 1961-1980 ($\approx 45\%$ globaal=PAR, $4,6 \text{ fotonen} = 1 \text{ Watt PAR}$, transmissie kasdek 60%).

5.1 Assimilatiebelichting

Bij glastuinbouw kan door keuze van kasconstructie en schoonhouden van beglazing worden geprobeerd het verlies van de natuurlijke hoeveelheid licht zo klein mogelijk te houden. Als aanvulling op de natuurlijke hoeveelheid licht kan, wat betreft tijdsduur en lichtniveau, assimilatiebelichting worden gebruikt. Omdat de stralingsenergie uit het golflengtegebied van 400-730 nm door een plant voor fotosynthese gebruikt kan worden, is iedere stralingsbron waarvan een groot gedeelte van de afgegeven straling in dit gebied valt, bruikbaar als assimilatiebelichting. In de praktijk wordt vrijwel uitsluitend gebruik gemaakt van de hogedruknatriumlamp. Het spectrum van deze voor (straat)verlichtings-doeleinden ontwikkelde lamp bleek ook bruikbaar voor assimilatiebelichting. De door een hogedruknatriumlamp, in het voor de fotosynthese belangrijke golflengtegebied, afgegeven stralingsenergie valt voornamelijk in het golflengtegebied tussen 550-650 nm. Theoretisch zou het fotonenrendement van de afgegeven energie voor de fotosynthese 10-15% hoger zijn wanneer de straling in het golflengtegebied van 600-700 nm zou vallen. Zo'n lamp zou dan wel evenveel energie in het voor de fotosynthese belangrijke gebied moeten afgeven. Volgens Philips (1993) wordt een toename van het fotosynthetisch effect vaak teniet gedaan door een verlies aan energieomzetting in de lamp zelf. Een speciaal voor de fotosynthese ontwikkelde assimilatielamp zal het als 'normale' lichtbron minder goed doen. Omdat verschillende voor verlichtingsdoeleinden ontworpen lampen wel goed bruikbaar zijn voor plantenbelichting is de ontwikkeling van een fotosyntheselamp minder aantrekkelijk.

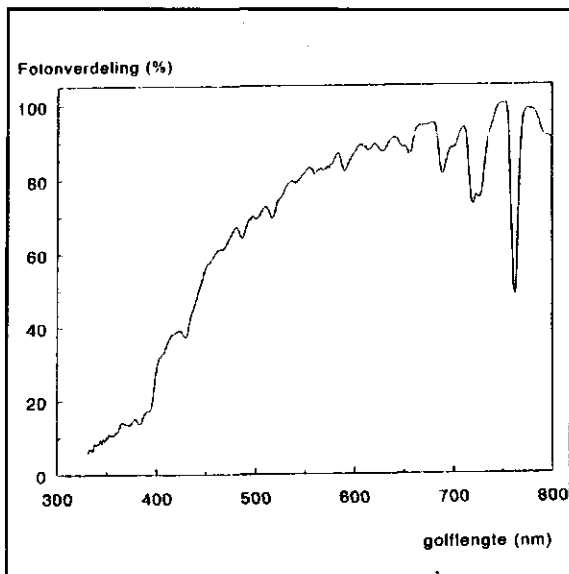
In Nederland wordt als assimilatielamp vooral gebruik gemaakt van de SON-T (SON-T, SON-T Agro, SON-T plus) van Philips. Andere merken zoals de NAV-T van Osram of Lumalux van Sylvania bieden in principe dezelfde mogelijkheden als de SON-T. De spectrale verschillen tussen deze lamptypen zijn zo klein dat deze bij praktijktoepassingen (in combinatie met daglicht) geen merkbare invloed zullen hebben op de groei en ontwikkeling van planten. Tot nu toe is niet aangetoond dat spectrale verschillen tussen de verschillende merken en soorten hogedruknatriumlampen effect hebben op de plantontwikkeling in een Nederlandse praktijksituatie. Daarbij moet wel worden opgemerkt dat door combinatie van daglicht met assimilatiebelichting en de voortdurend veranderende verhoudingen tussen de hoeveelheid daglicht en assimilatielicht de spectrale samenstelling van het licht dat door planten in een kas wordt opgevangen sterk varieert. De interpretatie van fotomorfologische reacties van planten op assimilatiebelichting wordt daardoor erg moeilijk. Voorlopig lijken het fotonenrendement, de levensduur en de prijs van de assimilatielampen en armaturen de belangrijkste keuzecriteria bij het kiezen van het lamptype.

De kosten van assimilatiebelichting zijn hoog. Meestal wordt geadviseerd pas te investeren in assimilatiebelichting als al in moderne goed lichtdoorlatende kassen wordt geteeld. Het optimaliseren van andere factoren zoals substraat, voeding en CO₂-dosering en kasklimaat is meestal goedkoper en verdient vaak prioriteit boven het aanleggen van assimilatiebelichting.

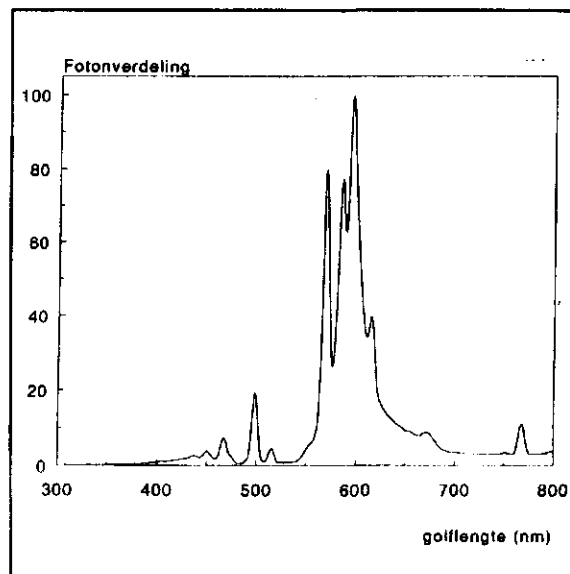
Bij gebruik van assimilatiebelichting is een gelijke verdeling van het kunstlicht belangrijk. De uniformiteit van de lichtverdeling, is direct van invloed op de gelijkheid van het gewas. Als regel wordt in de praktijk aangehouden dat afwijkingen van meer dan 20% van de gemiddelde lichtsterkte niet mogen voorkomen. Een diepstralend armatuur met een ophanghoogte van minimaal 2 meter boven het gewas geeft de beste lichtverdeling maar in de praktijk wordt veel gebruik gemaakt van breedstralende armaturen die zijn ontwikkeld voor kassen waarin de kasconstructie een afstand van twee meter of meer boven het gewas verhindert. Langzamerhand treedt een verschuiving op, waarbij de belangstelling uitgaat naar diepstralers en hogere lichtniveaus. Het belichtingsniveau in de praktijk ligt nu ongeveer tussen 22-50 μmol (PAR ongeveer 4,5 tot 10 Watt m^{-2}).

5.1.1 Lichtkwaliteit

Het lichtspectrum van de meeste voor assimilatiebelichting gebruikte lampen wijkt af van dat van het natuurlijke daglicht (Afbeelding 4 en 5), omdat bij de ontwikkeling in eerste instantie gestreefd is naar een zo hoog mogelijke lichtopbrengst. Wanneer assimilatielampen worden gebruikt als enige lichtbron voor planten blijkt dit in sommige gevallen te leiden tot morfologische afwijkingen ten opzicht van planten die zich in daglicht hebben ontwikkeld. De afwijkingen kunnen gedeeltelijk worden voorkomen door lampen te combineren met, of te vervangen door andere lamptypen zodat een minder van daglicht afwijkend spectrum ontstaat. Het is echter niet bekend hoever het spectrum van het zonlichtspectrum mag afwijken en welke informatie in het licht noodzakelijk is voor een normale ontwikkeling.



Afbeelding 4; Spectrale fotonen verdeling (relatief: 750 nm=100%) van natuurlijk licht (bewolkt weer).



Afbeelding 5; Spectrale fotonenverdeling (relatief, 595 nm=100%) van assimilatieverlichting (SON-T).

In sommige gevallen is het voldoende om de hoeveelheid blauw/UV-A en/of verrood licht te verhogen, in andere gevallen kan aanpassing van de lengte van de lichtperiode een oplossing bieden.

De hoeveelheid blauw licht kan bepaalde processen beïnvloeden. Bij de roos 'Mercedes' staat bijvoorbeeld de zetmeelaccumulatie en de vorming van eiwitten onder invloed van de hoeveelheid blauw licht (Maas, 1992). Bij teelt in kassen met hogedruk natriumlampen als assimilatiebelichting zijn de morfogenetische afwijkingen, door de combinatie van natuurlijk licht met kunstlicht, vaak afwezig of veel minder sterk dan bij planten die uitsluitend met dit kunstlicht zijn opgekweekt.

Afwijkingen als gevolg van een van natuurlijk licht afwijkende kunstlichtspectrum zijn sterk afhankelijk van het gewas. Bij de opkweek van tomaten met kunstlicht geeft het gebruik van wit licht betere resultaten dan het gebruik van rood licht omdat onder rood licht, een sterke krulling van het blad optreedt waardoor minder licht wordt opgevangen. Bij onderzoek aan tomaat gedurende de winter in Ås (Noorwegen) met drie verschillende lampen, SON-T, HPI-T en TL 'WW' bij dezelfde lichtsterktes (in Watt!) was de groei (versgewicht) van jonge tomaten bij TL en HPI-T gelijk, terwijl de groei onder SON-T aanzienlijk minder was. De planthoogte onder HPI-T lampen was groter dan onder de andere twee lamptypen (Grimstad, 1981). Onder dezelfde omstandigheden werd geen verschil gevonden bij *Begonia elatior*.

Voor veel gewassen (o.a. Poinsettia, Roos, Campanula, Begonia) is de rood/verrood-verhouding van grote invloed op de groei en ontwikkeling van een plant. Meestal zal een hoge rood/verrood verhouding van een lichtbron minder strekkingsgroei (compacte planten) en meer uitloop van zijstelen veroorzaken. In het algemeen heeft licht een remmende werking op strekking maar de sterkte van deze

remming is afhankelijk van de golflengte. Hierbij speelt niet alleen het zichtbare licht een rol, maar ook de straling uit het golflengtegebied tussen 700 en 800 nm (verrood).

Het is niet bekend of tussen het belang van de lichtkwaliteit van verschillende lampen voor assimilatiebelichting en de hoeveelheid daglicht een interactie bestaat. Het is goed mogelijk dat bij afnemende hoeveelheid natuurlijk licht het belang van de lichtkwaliteit van het kunstlicht toeneemt.

5.1.2 Belichtingsregime en daglengte

Omdat licht onder natuurlijke omstandigheden door planten niet alleen als energie-, maar ook als informatiebron gebruikt wordt, is voor een optimale toepassing van kunstmatige belichting bij plantenteelt, zowel informatie nodig over kwantitatieve (fotosynthese) als over kwalitatieve effecten (fotomorfogenese) op planten. In de praktijk verandert de lengte van de natuurlijke lichtperiode en de lichtkwaliteit door toepassing van assimilatiebelichting. De verschillen die worden gevonden tussen planten geteeld met en zonder assimilatiebelichting zijn het resultaat van extra fotosynthese en eventuele fotomorfogenetische reacties op een veranderende daglengte en lichtkwaliteit.

Het effect van daglengte op de bloemontwikkeling, zoals bijvoorbeeld bij chrysant en herfstaster waarbij kortedag nodig is voor aanleg van bloemknoppen, is een gemakkelijk herkenbaar daglengte-effect maar de strekkingssnelheid van komkommerplanten gedurende de donkerperiode is bijvoorbeeld ook afhankelijk van de daglengte (Gaba en Black, 1979).

Het herkennen van kwantitatieve daglengte-effecten is vaak minder gemakkelijk. Voorbeelden zijn gewassen die zowel bij korte als bij lange dag bloemknoppen vormen, maar waarbij de snelheid van knopaanleg door de daglengte beïnvloed wordt zoals bijvoorbeeld bij Gerbera, Freesia en Begonia, waarbij kortedag de bloemknopaanleg versnelt. Het uiteindelijke aantal bloemen dat uitgroeit is bij deze gewassen vaak afhankelijk van de beschikbare hoeveelheid licht; zolang de lichthoeveelheid het aantal uitgroeïende bloemknoppen bepaalt hoeft nog geen rekening te worden gehouden met de daglengtegevoeligheid. Wanneer de hoeveelheid licht niet meer beperkend is wordt het aantal bloemen bepaald door de, daglengte-afhankelijke, snelheid van bloemknopaanleg. Te lang doorgaan met belichten kan bij kwantitatief kortedagplanten in die situatie leiden tot produktievermindering.

Ook bij planten die bekend staan als daglengteneutraal kunnen effecten ontstaan van dagverlenging met assimilatiebelichting. Verschillende gewassen blijken voor een normale groei en ontwikkeling behoefte te hebben aan een donkerperiode van 4 tot 6 uur. Voor de roos 'Madelon' is een belichtingsduur van meer dan 18-20 uur niet zinvol. Andere gewassen zoals de roos 'Frisco' of *Ficus benjamina* lijken goed te reageren op belichtingsperioden tot 24 uur. Telers die in eerste instantie 24 uur per dag assimilatiebelichting toepasten zijn hierop teruggekomen, omdat de geteelde gewassen slecht reageerden op zo'n lange belichtingsduur en houden nu in veel gevallen een minimum donkerperiode van 4-6 uur aan. Langer dan 20 uur belichten kan zelfs een produktievermindering en of fysiologische afwijkingen veroorzaken (Biesheuvel, 1989). Saintpaulia vormt bijvoorbeeld bij langdurig belichten mooie stevige, donker gekleurde planten met veel bloemen. De bladstelen worden echter zo bros dat de planten niet verwerkt kunnen worden zonder dat bladbreuk optreedt. Het blad van lang belichte rozen kan zo groot worden dat de verhouding tussen bloem en blad negatief wordt gewaardeerd, lang belichten van *Ficus* veroorzaakt bladvergeling en bij *Dieffenbachia* groenkleuring van de witte bladgedeelten. In bladeren van *Dieffenbachia maculata* en *Rademachera sinica*, opgekweekt onder een lichtintensiteit van $120 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ gedurende 24 uur per dag, ontstond sterke chlorose die afnam bij korte belichtingsduur of lagere lichtintensiteit. (Mortensen en Grimstad, 1990).

Het is goed mogelijk dat de behoefte aan een donkerperiode afhankelijk is van de spectrale samenstelling van het licht. Informatie daarover ontbreekt echter tot nu toe.

Langdurig gebruik van assimilatiebelichting veroorzaakt niet alleen zichtbare afwijkingen. Soms veroorzaakt verlenging van de belichtingsduur geen zichtbare effecten, maar blijkt bij nauwkeuriger onderzoek dat de verlenging van de belichtingsduur geen effect meer heeft gehad op de groei. Bij

Dieffenbachia maculata neemt de produktie toe tot een daglengte van 20 uur maar langere bijbelichting niet. Gislerød et al (1989) constateerde dat de groei van *Begonia* 'Schwabenland' niet meer toenam wanneer, bij een belichtingssterkte van 14 of 42 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ SON-T, de belichtingsduur werd verhoogd tot meer dan 20 uur per dag. Vreemd genoeg gaat het bij sommige van zulke gevallen om reacties op langere termijn, terwijl bij dezelfde planten op korte termijn (24-uursbasis) juist bij continu belichten het hoogste fotosynthese-rendement behaald wordt. Deze effecten beperken de toepassingsmogelijkheden van assimilatiebelichting.

Een mogelijk belangrijk en nog weinig onderzocht effect van de daglengte is de invloed op de assimilatenverdeling over de verschillende delen van de plant. Bij gewassen zoals ranonkel en Freesia wordt de vorming van knollen door een lange daglichtperiode gestimuleerd. Absolute verhoging van de hoeveelheid gevormde assimilaten door verlenging van de lichtperiode, kan bij deze gewassen leiden tot een verlaging van de hoeveelheid assimilaten in het te oogsten eindprodukt. Bij toepassing van assimilatiebelichting kan de invloed van de daglengte op assimilatenverdeling het rendement van de gegeven belichting sterk beïnvloeden. Over de mate waarin en de manier waarop de daglengte van invloed is op de assimilatenverdeling is weinig bekend.

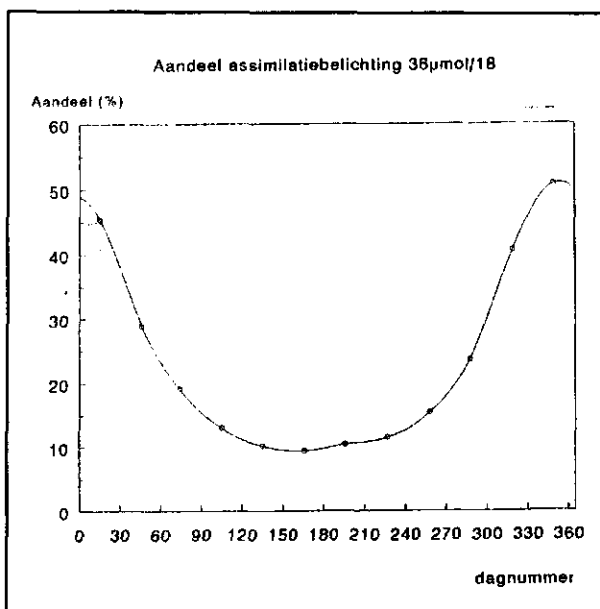
5.1.3 bijdrage van assimilatiebelichting aan de hoeveelheid groeilicht

Met behulp van assimilatiebelichting wordt de beschikbare hoeveelheid groeilicht verhoogd. De relatieve bijdrage van de bijbelichting in de totale hoeveelheid groeilicht is sterk afhankelijk van de hoeveelheid geïnstalleerde lampen en het belichtingsregime. Uit onderzoek in Noorwegen blijkt dat het bijbelichten met heel hoge belichtingsniveaus zelfs in de zomermaanden produktieverhogend kan werken. Het aandeel van de gegeven hoeveelheid licht in de totale hoeveelheid licht is bepalend voor het relatieve effect van de bijbelichting.

Voor een efficiënt gebruik van een belichtingsinstallatie zou eigenlijk bekend moeten zijn welke relatieve bijdrage van bijbelichting nog produktieverhogend werkt. Het uitschakelmoment van de assimilatiebelichting zou afhankelijk moeten zijn van het aandeel dat de assimilatiebelichting kan leveren aan de gewasfotosynthese en groei. De in de Nederlandse glastuinbouw gebruikt belichtingssterkte is ongeveer 36 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ (3000 lux), bij een belichtingsduur van 18 uur per dag levert de assimilatiebelichting minder dan 10% van de totale hoeveelheid groeilicht in de periode van mei tot september. Tijdens de periode daarbuiten loopt de bijdrage aan de totale hoeveelheid groeilicht echter sterk op en kan de hoeveelheid groeilicht door de assimilatiebelichting worden verdubbeld (Afb 6).

Omdat het lichtverzadigingspunt van de fotosynthese sterk gewasafhankelijk is (tabel 1) betekent dat ook een gewasafhankelijke grenswaarde voor het uit- of inschakelen van de assimilatiebelichting.

Aangenomen wordt dat bijbelichten gedurende de donkerperiode het meest effectief is. Uitgangspunt daarbij is dat overdag lichtverzadiging van de fotosynthese het rendement van de gegeven bijbelichting vermindert. Echte lichtverzadiging van de fotosynthese komt bij een gewas onder Nederlandse kasomstandigheden waarschijnlijk weinig voor. Het effect van extra licht neemt echter wel af naarmate



Afb. 6; Aandeel van belichting in de hoeveelheid groeilicht gebaseerd op de gemiddelde dagsommen van natuurlijke straling (de Bilt 1961-1980), belichting: 36 $\mu\text{mol PPF}$, 18 uur/dag, transmissie kasdek 60%.

de hoeveelheid al aanwezig licht hoger is. Dat betekent dat het effect van een bepaalde daglichtsom, afhankelijk van de daglengte en de variatie in lichtsterkte, kan verschillen.

In de praktijk worden een groot aantal verschillende belichtingsregimes toegepast. Soms staat het lichtregime onder invloed van daluurtarieven van het elektriciteitsbedrijf. Telers met een TE-installatie leveren tijdens piekuren soms stroom aan het openbare net. In andere gevallen wordt in blokken belicht omdat hiervoor een minder zware (goedkopere) installatie kan worden gebruikt.

Het natuurlijk stralingsniveau waarbij de assimilatiebelichting door veel telers wordt uitgeschakeld is op dit moment ongeveer 75 Watt m^{-2} (globale straling), dat is omgerekend ongeveer $150 \mu\text{mol PAR}$ (in een kas 60%: $90 \mu\text{mol}$). Bij een belichtingssterkte van 3000 lux (ongeveer $37 \mu\text{mol PAR}$) betekent dat uitschakelen op een moment dat de lampen nog ongeveer 30% van het groeilicht leveren (of op een moment dat de natuurlijke hoeveelheid PAR nog met 40% wordt verhoogd). Het uitschakelniveau lijkt, als alleen naar de fotosynthese wordt gekeken, aan de lage kant.

5.2 Houdbaarheid en kwaliteit

Houdbaarheid van veel bloemen en planten wordt in sterke mate beïnvloed door de overgang tussen opkweekomstandigheden en de situatie bij de consument. Een groot verschil zal meestal de houdbaarheid negatief beïnvloeden. In een (meestal donkere en droge) huiskamer vertoont een *Ficus* opgekweekt tijdens een periode met veel licht en hoge(re) luchtvochtigheid bijvoorbeeld veel meer bladval dan een *Ficus* opgekweekt bij lage luchtvochtigheid en donkere omstandigheden. Phalaenopsis-bloemen vallen meer af wanneer ze van lichte naar donkere omstandigheden worden overgeplaatst dan andersom. Niet alleen lichtsterkte en luchtvochtigheid beïnvloeden de houdbaarheid maar ook de belichtingsduur kan de houdbaarheid van bloemisterijproducten beïnvloeden.

Bij roos blijkt dat de tijdens het gebruik van assimilatiebelichting aangehouden donkerperiode effect heeft op het sluitingsritme van de huidmondjes. Onder normale omstandigheden zijn de huidmondjes tijdens de donkerperiode gesloten. De huidmondjes van o.a. Sonia, Madelon en Frisco blijken echter na een aantal weken met een korte donkerperiode, tijdens de donkerperiode open te blijven staan. Hierdoor neemt de verdamping en daardoor de kwetsbaarheid van de bloemen toe. Slechte naoogstverzorging kan dan sneller leiden tot problemen. Hoewel de gevoeligheid voor waterstress kan verschillen per cultivar, ontbreekt een overzicht van de gevoeligheid van verschillende cultivars voor verstoring van de huidmondjesregulatie door lange belichting. Uit onderzoek met belichte (20 uur) en onbelichte Sonia bleek dat niet alleen de huidmondjesregulatie door de lange belichting werd verstoord, maar dat ook de doorstroomcapaciteit van de stelen onder invloed van een lange belichting afnam (Slootweg, 1993). Verhoogde verdamping werd gevonden ook bij boon (*Phaseolus vulgaris*) opgekweekt onder kunstlicht (Hogedruk kwiklampen 17, 84, en 245 W.m^{-2} ; Louwerse, Zweerde, 1977). Als verklaring werd toen aangenomen dat door de gunstige luchtvochtigheid in de klimaatkamer de cuticulaire weerstand was verlaagd. Waarschijnlijk was hier echter ook sprake van in het donker niet sluitende huidmondjes.

5.3 Buurmaneffecten

Van het, door assimilatielampen geproduceerde licht, komt in sommige gevallen een belangrijk gedeelte niet aan het gewas ten goede, maar gaat verloren. Door verliezen in de armaturen, absorptie door ondergrond en reflectie van het gewas, kan de hoeveelheid niet door het gewas geabsorbeerde straling, in een ongunstig geval, oplopen tot 40%. De hoeveelheid licht die, zonder preventieve maatregelen, door de gevel en het dek naar buiten straalt ligt tussen 5 (volgroeid gewas) en 30% (open gewas en lichte ondergrond).

Verandering van de lengte van de dagelijkse lichtperiode en de lichtkwaliteit door assimilatiebelichting kan ook gewassen die in de omgeving van een belichtend bedrijf groeien beïnvloeden. Loofbomen en struiken en meerjarige gewassen gaan bij korter wordende dagen bijvoorbeeld in winterrust. Planten die in een groeiperiode worden beschadigd door een temperatuur dicht bij het vriespunt zijn in een toestand van winterrust bestand tegen veel lagere temperaturen. Door verlenging van de lichtperiode met kunstlicht blijft bij sommige planten (soms alleen maar bij enkele direct beschenen takken) de winterrust uit. In de praktijk wordt echter nauwelijks melding gemaakt van dit soort gevallen. Door de grote toename van het aantal bedrijven dat assimilatiebelichting gebruikte, kwamen wel steeds meer klachten over groeiverstoringen van gewassen in naburige kassen. Veel klachten waren afkomstig van telers van komkommer, aubergine en tomaat die melding maakten van een geremde strekkingsgroei, waardoor meer compacte planten ontstonden met als gevolg een groeiachterstand en produktievertraging. Deze effecten werden toegeschreven aan buurmanlicht omdat de mate waarin ze werden waargenomen overeen kwam met de gradiënt van het binnenvallend licht. De sterkste effecten ontstonden in kassen met jonge planten waarin het buurmanlicht veel verder in de kas kan doordringen dan bij een volgroeid gewas.

Niet in alle gevallen van beïnvloeding van gewasontwikkeling door buurmanlicht is sprake van licht afkomstig van assimilatiebelichting. Soms veroorzaken andere kunstlichtbronnen ook effecten. In die gevallen is de invloedssfeer door de meestal veel lagere lichtsterkte echter aanzienlijk kleiner. Voorbeelden uit de praktijk zijn straatverlichting waarbij de strekkingsgroei van komkommerplanten direct onder de lampen werd beïnvloed, de bloei van poinsettia's die door straatverlichting werd uitgesteld en een situatie waarbij de strekkingsgroei van tomatplanten werd beïnvloed door dagverlenging met gloeilampen van een chrysantenteelt.

Om duidelijkheid te scheppen voor telers onderling en voor gemeenten in verband met het uitgeven van hinderwetvergunningen is door het Landbouwschap een verordening opgesteld waarin de zijwaartse uitstraling is geregeld. De verordening staat het kunstmatig belichten 's nachts toe wanneer niet meer dan 4 lux naar buiten uitstraalt. Bij grotere lichtsterktes moet een gevelscherm aangebracht worden, tenzij omliggende bedrijven of burens verklaren geen bezwaar tegen het licht te hebben. Door het aanbrengen van gevelschermen wordt het probleem van uittredend licht slechts gedeeltelijk verholpen. Bij concentraties van belichtende bedrijven en bewolkt weer kan de lichtsterkte van door het kasdek uittredend licht boven 4 lux uitkomen. Voor verschillende gewassen is deze lichtsterkte voldoende om morfologische processen te beïnvloeden (Bakker en Blacqui re, 1992).

Het Ministerie VROM heeft voor de ministerraad het Besluit 'Tuinbouwbedrijven met Bedekte Teelt' (als onderdeel van de wet Milieubeheer) opgesteld. Kort samengevat zijn in het besluit de volgende bepalingen opgenomen: Een verbod om in de periode van 1 september tot 1 mei tussen 20.00 en 24.00 uur gebruik te maken van assimilatiebelichting. Wanneer hierdoor de bedrijfsvoering in gevaar dreigt te komen kunnen gemeenten dit verbod versoepelen door een periode van ten hoogste acht weken vast te stellen waarvoor dit verbod niet geldt. Gemeenten kunnen daarnaast bovenschermen voorschrijven die ten minste 95% van het licht moeten tegenhouden. Bedrijven met assimilatiebelichting moeten voorzien zijn van gevelschermen (95% lichtdicht). Voor bestaande bedrijven zijn overgangsregelingen opgenomen. Als alle procedures normaal verlopen zal het besluit in 1995 van kracht worden.

6 REFERENTIES

- Anonymus 1992. IKC-informatie bloemisterij. 5:7
- Anonymus 1993. Verbazing over uitspraak lichthinder van der Voort. Vakblad voor de Bloemisterij 13:13
- Attridge, T.H. 1990. Light and plant responses. A study of plant photophysiology and the natural environment. Edward Arnold London. ISBN 0-7131-2973-5. 148 p
- Bakker, J.A. en Blacqui re Tj., 1992. Effecten van gesimuleerd buurmanlicht. Rapport nummer 143. Proefstation voor de Bloemisterij Aalsmeer. ISSN 0921-710X. 32 p.
- Biesheuvel, C., 1989. Stand van zaken. Vakblad voor de Bloemisterij 37: 24.
- Bruinsma, J., 1983. Morfogenese in de tijd. In Quispel, A. en Stegwee, D. (eds). Plantenfysiologie. Bohn, Scheltema & Holkema, Utrecht. p 313-336
- Bubenheim, D.L., Bugbee, B., Salisbury, F.B. 1988. Radiation in Controlled Environments: Influence of lamp type and filter material. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 113(3):468-474
- Deitzer, G.F., 1984. Photoperiodic induction in long-day plants.
- Elsner, B. 1988. Me technik f r das Licht im Gew chshaus. Gartenbau und Gartenwissenschaft 24: 1017-1020
- Gaba, V., Black, M. 1979. Two separate photoreceptors control hypocotyl elongation in green seedlings. Nature 278: 51-54.
- Gisler d, H.R., Eidstein, I.M. Mortensen, L.M. 1989. The interaction of daily lighting period and light intensity on growth of some greenhouse plants. Scientia Horticulturae 38: 295-304.
- Grimstad, S.O. 1981. Interaction of lamptypes and irradiance on the growth of tomato plants. Acta Hort. 128: 109-116.
- Grimstad, S.O. 1990. Winterproduction of greenhouse cucumbers. Effects of supplementary lighting, CO₂ enrichment and EC level. Norsk landbruksforskning 5: 167-173.
- Hall, D.O., Rao, K.K., 1989. Photosynthesis. Studies in biology no. 37. Edward Arnold (Publishers) Ltd. ISSN 0537-9024. 84p
- Hendriks, L. 1990. Lampen und leuchten; Ein  bersicht  ber die Ger tetypen. Deutscher Gartenbau 19:1286-1287.
- Hudges, J.E., Morgan, D.C., Lambton, P.A., Black, C.R., Smith, H., 1984, Photoperiodic time signals during twilight, Plant, Cell and Environment 7: 269-277
- Lawlor, D.W. 1987. Photosynthesis: metabolism, control and physiology. Longman scientific & technical. 262p
- Louwerse, W., Van der Zweerde, W. 1977. Photosynthesis, transpiration and leaf morphology of *Phaseolus vulgaris* and *Zea mays* grown at different irradiances in artificial and sunlight. Photosynthetica 11: 11-21
- Maas, F. 1992. Photomorphogenesis in roses. Acta Horticulturae 305, 109.
- McCree, K.J., 1972. The action spectrum, absorptance and quantum yield of photosynthesis in crop plants. Agric. Meteorol. 9: 191-216.
- Moe, R. 1985. Supplementary lighting for greenhouse crops. Basic effects on photosynthesis and growth. Paper given at "Ahlemer assimilations lichttag" on March 4, 1987.
- Moe, R., Heins, R.D., Erwin, J. 1991. Stem elongation and flowering of the long-day plant *Campanula isophylla* Moretti in response to day and night temperature alternations and light quality. Scientia Horticulturae, 48: 141-151
- Morgan, D.C., Smith, H. 1981. Non-photosynthetic responses to light quality. In: Nobel, P. (ed), Encycl. of Plant Physiol. NS. 12A. Springer-Verlag, Berlin: 109-134.
- Mortensen, L.M., Grimstad, O., 1990. The effect of lighting period and photon flux on growth of six foliage plants. Scientia Horticulturae 41: 337-342.
- Mortensen, L.M., Moe, R. 1983. Growth responses of some greenhouse plants to the environment. Effect of CO₂ and artificial light on growth of *Chrysanthemum morifolium* Ramat. Scientia Hort. 19: 141-147
- Myers, J. 1971. Enhancement studies in photosynthesis, A. Rev. Plant. Physiol. 22:, 289-312.
- Nederhoff, E.M., 1985. Licht en straling: eenheden en hoeveelheden. Vakblad voor de bloemisterij 41:46-49
- Nederhoff, E.M., De Graaf R., Tooze S.A. 1986. Lichtdoorlatendheid van het kasdek. In: Licht in de kas, informatiereeks No. 90. Proefstation voor de Tuinbouw onder Glas, consulentenschappen voor de tuinbouw. p. 14-17
- Nobel, P.S. 1991. Physiochemical and Environmental Plant Physiology. Academic Press, Inc. 635 p.
- Osborne, B.A., Garrett, M.K. 1983. Quantum yields for CO₂ uptake in some diploid and tetraploid plant species. Plant, Cell and environment 6:135-144.
- Pearcy, R.W., Ehlinger, J. 1984. Coparative ecophysiology of C₃ and C₄ plants. (review) Plant Cell and Environment 7:1-13.
- Philips, 1993. Kunstlicht in de Tuinbouw. Applicatie informatie. Philips Eindhoven 40 p.

- Roberts, E.H., Summerfield, R.J., Hadley, P., Ellis, R.H. 1988. Research on flowering at the plant experiment laboratory, Reading University, UK. In: Halevy, H. (ed) 1988. Flowering newsletter 5 (may, 1988): 2-10.
- Sweeney, 1987. Rhythmic phenomena in plants. Second edition. Academic Press, Incorporated, San Diego, New York. 172 p.
- Tibbits, T. et al, 1992; Final report TC6-22 committee, CIE
- Van de Sanden, P.A.C.M., Veen, B.W., 1992. Effects of air humidity and nutrient solution concentration on growth, water potential and stomatal conductance of cucumber seedlings. *Scientia Hortic.*, 50:173-186
- Salisbury, F.B., 1992. Limiting factors and maximum yields: A controlled ecological life-support. In Salisbury en Ross, 1992. p 560-561.
- Salisbury, F.B., Ross, C.W. 1992. Plant physiology 4th edition. Wadsworth, Inc. Belmont California. 682 p.
- Slootweg, G., 1993. Waterhuishouding van belichte en onbelichte rozen. Uit: maandverslag PBN maart 1993.
- Schurer, K. 1991. Notitie over totaal kortgolvig en PAR. CLIK-bijeenkomst 17 sept. 1991. 4 p.
- Schurer, K. 1991. Solarimeter of PAR. CLIK-bijeenkomst 17 september 1991. 6p.
- Sergeeva, L.I., Machackova, I., Eder, J., Aksenova, S.A., Golyanovskaya, S.A., Konstantinova, T.N., Chailikhyan, M.Kh. 1991. IAA and cytokinin content in different organs of potato plants grown under red and blue light. Abstracts 14th international conference on plant growth substrates. IPGSA: p15.
- Sweeney, B.M., 1987. Rhythmic phenomena in plants. Second edition. Academic Press, Incorporated, San Diego. New York.
- Thimijan, R.W., Heins, R.D. 1983. Photometric, radiometric and quantum light units of measure: a review of procedures for interconversion. *Hortscience*, 18(6):816-822
- Thomas, B., Dickinson, H.G. 1979. Evidence for two photoreceptors controlling growth in de-etiolated seedlings. *Planta* 146: 545-550
- Tibbits, T. et al, 1992; Final report TC-6-22 committee, CIE.
- Tremblay, N., Gasia, M.-C., Ferauge, M., Th, Gosselin, A., Trudel, M.J. 1988. Effects of light spectral quality on nutrient uptake by tomato. *Can. J. Plant Sci* 68: 287-289
- Winfrey, A.T. 1990. De biologische klok. Wetenschappelijke Bibliotheek. Natuur en Techniek. Maastricht ISBN 90 70157 93 4. 192p.
- Van Rijssel, E. 1992. Assimilatiebelichting bij een volgroeid rozengewas (2). Betere kwaliteit moet assimilatiebelichting rendabel maken. *Vakblad* 42: 42, 43, 45
- Vegter, B. 1991. De nieuwe dimensie van het belichten. *Vakblad voor de bloemisterij* 17: 45-47.
- Velds, C.A. 1993. Zonnestraling in Nederland. *Klimaat in Nederland deel 3*. KNMI.
- Verleur, J.D. Fotosynthese, de omzetting van lichtenergie in chemische energie. In: Quispel, A., Stegwee, D.(eds), 1983. *Plantenfysiologie*. Bohn, Scheltema & Holkema Utrecht/Antwerpen pag.71-120.
- Zeiger, E., Farquhar, G.O., Cowan, I.R. (eds). *Stomatal function*. Stanford Univ. Press.

Bijlage 1. Conversietabel voor globale straling, PAR, PPF en lux. Omrekening door vermenigvuldiging met de conversiefactor.

Omrekening	Globaal $\Rightarrow$ PAR	PAR $\Rightarrow$ PPF	PPF $\Rightarrow$ lux	lux $\Rightarrow$ PAR
Eenheden ^{a,b,c,d}	Watt/Watt	$\mu\text{mol/Watt}$	lux/ μmol	lux/Watt
Daglicht gemiddeld	0,45	4,6 ²	56 ²	258 ²
Daglicht, bewolkt	0,46-0,53 ³	4,2 ²	56 ²	256 ²
Daglicht, zon	0,40-0,45 ³	4,6 ²	55 ²	255 ²
Gloeilamp	0,064 - 0,076 ¹	5,1 ²	49 ²	250 ²
Halogeen		5,0 ²	52 ²	259 ²
SL		4,8 ²	80 ²	388 ²
PL		4,8 ²	79 ²	383 ²
TL 33 (Philips)		4,6 ²	78 ²	355 ²
TL 22 (Osram)		4,8 ²	60 ²	284 ²
SOX	0,35 ⁴	4,9 ²	104 ²	512 ²
SON-T	0,35 ⁴	4,9 ²	83 ²	410 ²
SON-T agro	0,39	4,9 ²	84 ²	413 ²
SON-T plus	0,39	5,0 ²	85 ²	425 ²
HPI-T	0,36	4,5 ²	83 ²	377 ²
Lumalux (Sylvania)		4,9 ²	85 ²	413 ²
HQI-E		4,6 ²	78 ²	358 ²
HQI-T		4,5 ²	65 ²	290 ²
NAV-T super (Osram)		5,0 ²	72 ²	356 ²

^a globale straling (W.m^{-2}) naar PAR (W m^{-2}), Watt PAR per Watt Globaal

^b PAR naar PPF ($\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$), μmol PPF per Watt PAR

^c PPF naar lux (lumen.m^{-2}), lux per μmol PPF

^d PAR naar lux, lux per Watt PAR

¹ Thimijan, Heins, 1983; ² li1800 eigen meting; ³ Velds, 1993; ⁴ Bubenheim et al 1988.

1 footcandle=10,56 lux

1 $\text{erg cm}^{-2}.\text{s}^{-1}$ =1 mW/m^2

Bijlage 2. Begrippen en eenheden

dagsom van globale straling	totale hoeveelheid zonneënergie die per dag op aarde op een bepaalde oppervlakte valt (J.cm^{-2})
fotosynthese	proces waarin stralingsenergie door een plant wordt omgezet in voor de groei bruikbare chemische energie
globale straling	zonnestraling die op het aardoppervlak valt (Watt.m^{-2})
groeilicht	straling voor fotosynthese, sterk genoeg om groei mogelijk te maken.
kritische daglengte	de lengte van de lichtperiode waarboven (langedagplant) of waaronder (kortedagplant) een fotoperiodische reactiesnelheid maximaal is
licht	zichtbare straling, gerelateerd aan de ooggevoeligheidskromme (400-740nm) (lumen)
lichthoeveelheid	hoeveelheid licht die gedurende een bepaalde tijd is uitgestraald of ontvangen (lumen.s)
lichtsterkte	hoeveelheid licht die per tijdseenheid op een oppervlak valt (lux=lumen.m^{-2})
lichtstroom	hoeveelheid licht die door een lichtbron wordt uitgezonden (lumen.s)
PAR	Photosynthetically Active Radiation, hoeveelheid straling uit het golflengtegebied van 400-700 nm (groeilicht)
PAP	Photosynthetically active photons (mol.m^{-2}), het aantal (de som) fotonen dat over een bepaalde periode (per dag) is opgevangen.
PPF	Photosynthetic Photon Flux, aantal fotonen uit het golflengtegebied tussen 400-700 nm, dat op een vlak valt
RGR	relatieve groeisnelheid, g drogestof per gram per dag.
stralingssterkte	Hoeveelheid straling die door een stralingsbron in een bepaalde richting uitstraalt
stralingsenergie	De energie die per tijdseenheid wordt overgedragen in de vorm van straling (J)
stralingsstroom	de hoeveelheid, door een stralingsbron, afgegeven energie. (J s^{-1} of Watt)
fotosynthesecapaciteit	de fotosynthesesnelheid per m^2 bij lichtverzadigde fotosynthese, atmosferische CO_2 - en O_2 -concentraties, optimum temperatuur en hoge luchtvochtigheid
lichtcompensatiepunt	de lichtsterkte waarbij de CO_2 -opname door fotosynthese gelijk is aan de CO_2 -afgifte door respiratie.
CO_2 -compensatiepunt	de CO_2 -concentratie waarbij de CO_2 -opname door fotosynthese gelijk is aan de CO_2 -afgifte door respiratie.
ATP	adenosine trifosfaat
NADPH_2	nicotinamide adenine dinucleotide fosfaathydride

Bijlage 3. Kenmerken van planten met verschillende CO₂-fixatiemetabolismen

C ₃ metabolisme	C ₄ metabolisme	CAM metabolisme
Komen vooral voor in gematigde klimaatzones	Komen vooral voor in tropische en semitropische gebieden, met hoge lichtniveaus en temperatuur	Komen vooral voor in gebieden met een (soms) zeer beperkte watervoorziening
Redelijk produktief tot ± 30 ton drogestof per ha	Hoge produktie tot ± 80 ton drogestof per ha	Meestal (zeer) lage produktie
Eén chloroplasttype	'Kransanatomie' met twee chloroplasttypen	Eén chloroplasttype
Primaire CO ₂ -acceptor is Rubisco	Primaire CO ₂ -acceptor is PEP	Primaire CO ₂ -acceptor in het licht is Rubisco en in het donker PEP
Fotorespiratie	Geen meetbare fotorespiratie	Geen aantoonbare fotorespiratie
Relatief hoge waterbehoefte	Efficiënt watergebruik	Zeer efficiënt watergebruik
Relatief gevoelig voor zout-concentraties	Minder gevoelig voor zout	Tolerant voor (hoge) zoutconcentraties
Lichtverzadiging van de blad-fotosynthese bij 400-800 µmol	Fotosynthese is niet snel lichtverzadigd	
Remming van de fotosynthese snelheid door verhoging van de O ₂ /CO ₂ -verhouding	Minder gevoelig voor verhoging van de O ₂ /CO ₂ -verhouding	Minder gevoelig voor verhoging van de O ₂ /CO ₂ -verhouding
Primaire CO ₂ -fixatie en de CO ₂ -reductie op dezelfde plaats tijdens de lichtperiode	Primaire CO ₂ -fixatie tijdens de lichtperiode in chloroplasten in het mesofyl, de CO ₂ -reductie in de chloroplasten van de vaatbundel-schedecellen tijdens de lichtperiode	Primaire CO ₂ -fixatie tijdens de donkerperiode en de CO ₂ -reductie op dezelfde plaats tijdens de lichtperiode
CO ₂ -compensatiepunt 50-70 ppm	CO ₂ -compensatiepunt 0-5 ppm	Hoge affiniteit voor CO ₂ -tijdens de donkerperiode
Normale fotosynthesecapaciteit	Hoge fotosynthesecapaciteit	Lage fotosynthesecapaciteit
Huidmondjes geopend tijdens de lichtperiode	Huidmondjes geopend tijdens de lichtperiode	Huidmondjes geopend tijdens de donkerperiode

III Inventarisatie neveneffecten assimilatiebelichting

J. A. Bakker

Proefstation voor de Bloemisterij
Linnaeuslaan 2a
1431 JV AALSMEER
Tel. 02977-52525

ISSN 0921-710X

INVENTARISATIE
NEVENEFFECTEN ASSIMILATIEBELICHTING

Rapport 201

Prijs f 10,-

J.A. Bakker
9 februari 1995

Rapport 201 wordt u toegestuurd na storting van f 10,- op girorekening 174855 ten name van Proefstation Aalsmeer, onder vermelding van : 'Rapport 201. Inventarisatie neveneffecten assimilatiebelichting'.

Voorwoord

In het kader van het door de NOVEM en EBG gefinancierde project 'Neveneffecten van assimilatiebelichting' is op grond van in literatuur beschikbare gegevens, een inventarisatie gemaakt van neveneffecten bij met assimilatiebelichting geteelde glastuinbouwgewassen. Het doel was het krijgen van een eerste indruk van veranderingen die door de toegepaste belichting werden veroorzaakt. Hierbij ging de belangstelling vooral uit naar de kwalitatieve neveneffecten.

Assimilatiebelichting wordt gebruikt om de hoeveelheid natuurlijk groeilicht tijdens lichtarme periodes aan te vullen. Zeker in de winterperiode zullen de meeste planten, in meer of in mindere mate, op verhoging van de hoeveelheid licht reageren met een snellere groei. Het eindresultaat is een grotere, zwaardere plant die in minder tijd de gewenste grootte bereikt. Deze inventarisatie is niet bedoeld als een volledig overzicht van gewassen waarbij assimilatiebelichting wordt gebruikt. Hiervan zijn al verschillende overzichten beschikbaar bij de leveranciers van lampen en/of belichtingsinstallaties. Voor dit verslag is meer gezocht naar veranderingen buiten de versnelling van groei en verbetering van kwaliteit, die ook kunnen ontstaan door toepassing van assimilatiebelichting tijdens de teelt en die vaak niet direct waren verwacht.

INHOUD

blz.

Voorwoord	ii
1 INLEIDING	1
2 SNIJBLOEMEN	3
2.1 Alstroemeria	3
2.2 Aster	3
2.3 Bouvardia	3
2.4 Chrysant	3
2.5 Cymbidium	4
2.6 Eustoma	4
2.7 Freesia	4
2.8 Gerbera	5
2.9 Lelie	5
2.10 Roos	6
3 POTPLANTEN	9
3.1 Begonia	9
3.2 Campanula	10
3.3 Codiaeum	10
3.4 Potchrysant	10
3.5 Cordyline	11
3.6 Cyclamen	11
3.7 Dieffenbachia	11
3.8 Dracaena	11
3.9 Epipremnum	11
3.10 Euphorbia pulcherrima (Poinsettia)	11
3.11 Exacum	12
3.12 Fatshedera	12
3.13 Ficus	12
3.14 Hedera	13
3.15 Hortensia	13
3.16 Impatiens	13
3.17 Kalanchoë	13
3.18 Pelargonium	14
3.19 Phalaenopsis	14
3.20 Rechsteineria	14
3.21 Saintpaulia	14
3.22 Schefflera	15
3.23 Scindapsis	15
3.24 Sinningia	15
3.25 Spathiphyllum	15
3.26 Syngonium	15
3.27 Varens	15
4 GROENTEGEWASSEN	17
4.1 Aubergine	17
4.2 Komkommer	17
4.3 Tomaat	17
5 LITERATUUR	20

1 INLEIDING

Een van de meest ingrijpende ontwikkelingen bij de glastuinbouw van de afgelopen 10-15 jaar is de toepassing van assimilatiebelichting. Al in 1950 werd, vooral in Scandinavische landen en met name Noorwegen, kunstlicht gebruikt om de hoeveelheid natuurlijk daglicht aan te vullen of zelfs te vervangen. Meestal werden (witte) TL-buizen gebruikt die vooral werden toegepast bij de opkweek van zaailingen en jong plantmateriaal. Rond 1970 werd de hogedruk metaal-halogenide lamp geïntroduceerd met een hogere lichtopbrengst dan de TL-buis en daardoor meer toepassingsmogelijkheden (door de grote ophanghoogte). Naast de vermeerdering en opkweek van zaailingen en jong plantmateriaal werd deze lamp ook gebruikt bij de teelt van enkele snijbloemen zoals chrysant en roos. Na de introductie van de hogedruk natriumlamp (1975) nam het gebruik van assimilatiebelichting in de glastuinbouw toe, evenals het aantal gewassen dat werd geteeld onder assimilatiebelichting.

In Nederland werd in de praktijk voor 1980 vrijwel geen gebruik gemaakt van assimilatiebelichting. Op dit moment (1994) wordt het areaal met assimilatiebelichting geschat op 800-900 ha. Vrijwel alle bedrijven met assimilatiebelichting gebruiken de hogedruk natriumlamp (SON-T, SON-T Agro) als lichtbron. De in Nederland toegepaste belichtingssterkte is ongeveer $35-50 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ (2900-4200 lux).

De belangrijkste, door telers gebruikte, argumenten voor toepassing van assimilatiebelichting zijn:

- Produktieverhoging.
- Kwaliteitsverbetering, o.a. betere bloemkleur, grotere bloemen, meer bloemen, dikkere stengels, langere stengels, mooiere bladkleur, betere vertakking.
- Teeltverkorting door hogere groeisnelheid.
- De mogelijkheid tot jaarrondproductie of verlenging van het teeltseizoen.
- Een betere arbeidsverdeling over het jaar en verbeterde planningsmogelijkheden.
- Een efficiënter gebruik van al aanwezige produktiemiddelen.
- Verbetering van de internationale concurrentiepositie.

Het effect van assimilatiebelichting kan per gewas en situatie zeer sterk verschillen. Bij Noors onderzoek (Mortensen, Gislerød, 1990), waar het effect van assimilatiebelichting en luchtvochtigheid op 24 verschillende plantensoorten is onderzocht varieerde het effect van bijbelichting ($60 \mu\text{mol}$ 20 uur, 16 december 1987-15 februari 1988) op het drooggewicht van 0 tot 680% (gemiddeld 160%). Toepassing van assimilatiebelichting lijkt vooral aantrekkelijk bij gewassen waarvan de groeisnelheid tussen lichtarme en lichtsterke periodes, sterk verschillend is. Mortensen en Gislerød (1990) concluderen dat de meeste glastuinbouwgewassen assimilatiebelichting nodig hebben wanneer ze, gedurende de winter, worden geteeld op een hoge breedtegraad (60°N). Moe (1987) concludeert op grond van onderzoek onder Noorse omstandigheden dat glastuinbouwgewassen met een gemiddelde lichtbehoefte, per dag gemiddeld ongeveer 15 Watt.m^{-2} fotosynthetisch actieve straling nodig hebben voor acceptabele groei en plantkwaliteit. Om dit niveau onder Nederlandse omstandigheden te halen moet ongeveer van oktober tot maart worden bijbelicht. Duitse onderzoekers (Bettin, Ludolph, 1988) hebben gesteld dat om de plantengroei en ontwikkeling door bijbelichten met assimilatiebelichting positief te beïnvloeden moet een bepaalde, soortafhankelijke, drempelwaarde van de belichtingssterkte (som van natuurlijk en kunstlicht) worden overschreden. Genoemde drempelwaarden zijn $30 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ voor Saintpaulia en Sinningia, $45 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ voor Begonia eliator, $50 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ voor Ficus Benjamina en $60 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ voor azalea, roos en Schefflera.

Toepassing van assimilatiebelichting beïnvloedt niet alleen de gewasfotosynthese maar heeft ook een sturend effect op de morfologie en assimilatenhuishouding. Lange belichting met of het gebruik van SON-T lampen als enige bron voor assimilatielicht versterkt de strekkingsgroei bij cyclopaam, gerbera, aster, jonge sla en koolplanten (Bettin, Ludolph, 1988).

Veel plantesoorten reageren op de daglengte. Verlenging van de daglengte door het gebruik van assimilatiebelichting zal daarom bij de daarvoor gevoelige gewassen een daglengterespons oproepen. Als voor een bepaalde plantontwikkeling (bijvoorbeeld bloemknopvorming) een kortedagperiode nodig is wordt daardoor de toepassingsmogelijkheid van assimilatiebelichting beperkt. Ook bij planten die worden verondersteld daglengteneutraal te zijn blijkt soms geen directe relatie licht en gewasgroei en ontwikkeling aanwezig.

Terwijl de groei van jong plantmateriaal vaak door continue belichting of belichting met slechts een korte (4 uur) donkerperiode goed verloopt, gaat dat voor oudere planten niet altijd op. Vaak worden bij lange belichtingen afwijkingen geconstateerd. De behoefte aan een donkerperiode lijkt toe te nemen met de leeftijd van de plant (Bettin, Ludolph, 1988).

Hoewel bij het verkeerd gebruik van assimilatiebelichting ongewenste groeiveranderingen kunnen optreden lijken de grenzen van toepassing van assimilatiebelichting meer bepaald te worden door economische motieven dan door plantkundige beperkingen. Vaak blijkt het effect van de belichting niet groot genoeg om de meerkosten te dekken. De toenemende aandacht voor het milieu beperkt de groei van assimilatiebelichting. Enerzijds door de noodzaak om in andere milieuontlastende maatregelen te investeren, anderzijds omdat bij toepassing van assimilatiebelichting ook maatregelen genomen moeten worden de lichtuitstoot naar de omgeving te beperken. Door dit laatste worden de kosten van de belichting extra verhoogd.

2 SNIJBLOEMEN

2.1 Alstroemeria

Toepassing van assimilatiebelichting zorgt voor een verhoging van de produktie in de winter ten opzichte van een onbelicht gewas, in het voorjaar kan de produktie van belichte planten vergeleken met onbelichte planten echter terugvallen. Waarschijnlijk wordt door het gebruik van de assimilatiebelichting de uitgroei van al aangelegde bloemen versneld. (Van Leeuwen en Haghuis, 1990). Slechts enkele telers passen assimilatiebelichting bij de teelt van Alstroemeria toe. De belichtingsduur is moeilijk te bepalen omdat de scheutontwikkeling daglengtegevoelig is: bij langedag worden minder scheuten aangelegd dan bij kortedag. De belichtingsduur die wordt aangehouden ligt tussen 15 en 18 uur.

2.2 Aster

Asters zijn gevoelig voor de lengte van de lichtperiode. Voor een goede vegetatieve ontwikkeling zijn langedag omstandigheden nodig. Voor de ontwikkeling en uitgroei van bloemknoppen moet een korte dag worden aangehouden. Bij de teelt van asters wordt op kleine schaal van assimilatiebelichting gebruik gemaakt. Door de assimilatiebelichting (jong gewas) neemt de knopzetting, het takgewicht en het aantal gesneden takken iets toe. De kwaliteit blijft echter achter bij die van importbloemen.

2.3 Bouvardia

Assimilatiebelichting bij de winterteelt van Bouvardia is nog in een onderzoeksfase. In de vegetatieve fase kan 18 tot 20 uur worden belicht, in de generatieve fase 10 tot 11 uur (Verdegaal, 1992). Een probleem bij winterteelt (planten oktober, oogst half januari tot half februari) is onvoldoende knopinductie. Met assimilatiebelichting blijft dat zo. Bij gebruik van assimilatiebelichting wordt het gewas erg grof en tijdens de generatieve fase neemt de gewaskwaliteit af (Van Leeuwen, 1990).

2.4 Chrysant

Tijdens de winterperiode is het zonder assimilatiebelichting niet goed mogelijk goed gekleurde roze en oranje cultivars te produceren.

Omdat de bloeiinductie en bloemontwikkeling van chrysanten onder invloed staan van de daglengte moet het belichtingsregime aan de daglengtegevoeligheid worden aangepast. Toepassing van assimilatiebelichting tijdens de winterteelt geeft een versnelling van 2-3 weken en zwaardere steviger takken, minder uitval en meer bloemen per tak. De teeltversnelling door assimilatiebelichting vindt vooral tijdens de eerste weken van de teelt plaats (Van der Hoeven et al, 1989), waarschijnlijk omdat dan (tijdens de vegetatieve fase) lang belicht kan worden waardoor de bijdrage van het assimilatielicht aan de totale hoeveelheid licht relatief groot is. De toepassing van assimilatiebelichting tijdens de generatieve fase is beperkt omdat dan een lichtperiode van maximaal 11-12 uur kan worden aangehouden. Bij belichtingsproeven (TL) van A.D.J. Durieux in het fytotron van de vakgroep Tuinbouwplantenteelt van de Landbouwwuniversiteit in Wageningen bleek dat het versgewicht van takken van de cultivars 'Penny Lane', 'Pearl Delta' en 'Cassa' nauwelijks meer toenam wanneer langer dan 20 uur werd belicht. In veel gevallen werd zelfs een gewichtsvermindering gevonden. Bij de cultivar 'Pearl Delta' ontstond als gevolg van continu belichten bladvergeling (resultaten niet gepubliceerd).

Zowel in de zomer als in de winterperiode kan bruinverkleuring van de onderste bladeren ontstaan. Tijdens de winterperiode kan dat soms worden voorkomen door wijder planten of door

bijbelichting met assimilatiebelichting. Van der Hoeven et al (1989, 1989a) vonden echter bij toepassing van assimilatiebelichting juist versterking van bruinverkleuring.

De invloed van assimilatiebelichting op de gewasontwikkeling is sterk afhankelijk van de cultivar. Het effect op bijvoorbeeld 'Cassa', 'Snapper' en 'Reagan' is veel groter dan het effect op 'Majoor Bosshardt', 'Toon Hermans', 'Daymark' en 'Funbeam' (Van der Hoeven et al, 1989a). Bij gebruik van assimilatiebelichting zijn gedurende de winter grotere plantdichtheden mogelijk dan bij onbelichte teelten en neemt de plantkwaliteit iets toe. Overigens bleek uit het onderzoek van Van der Hoeven et al (1989, 1989a, 1989b) dat onbelichte planten bij een wat kleinere plantdichtheid kwalitatief vergelijkbaar waren met belichte planten bij een hogere plantdichtheid.

2.5 Cymbidium

Het gebruik van assimilatiebelichting bij de teelt van Cymbidium is op kleine schaal onderzocht. Grote effecten op de produktie zijn tot nu toe niet aangetoond. Omdat een plant maar een keer per jaar bloeit is het moeilijk het effect van bepaalde teelthandelingen, in de periode voorafgaand en tijdens de bloei, op de bloei te bepalen. Voorlopig zijn er geen aanwijzingen dat Assimilatiebelichting bij dit gewas op praktijk- schaal gebruikt zal gaan worden.

Opvallend is dat sommige Cymbidium-telers die naast een belichtende buurman zitten melding maken van schade als gevolg van het uittredend assimilatielicht. Als schade wordt genoemd een afname van taklengte, aantal takken (bloemen blijven zitten) en achteruitgang van planten: 'een hangend gewas'. Volgens Cymbidiumtelers, die melding maken van schade door licht van de buurman, verbetert de vegetatieve ontwikkeling van het gewas wanneer het licht wordt afgeschermd, maar laat de ontwikkeling van bloemtakken in het daaropvolgende jaar nog te wensen over (bloemtakken blijven zitten).

Bij de bedrijven met een belichtende buurman wordt echter niet altijd melding gemaakt van schade. Een duidelijk beeld van eventuele cultivarverschillen bestaat niet. Bij de vroegbloeiende (september-oktober) cultivars wordt geen schade gemeld. Vooral de midden- en laatbloeiende cultivars zouden gevoelig zijn voor buurmanlicht. Het aantonen van een reactie van Cymbidium op lage niveaus assimilatielicht is door de heterogeniteit en de lange groei/bloeicyclus van de planten erg moeilijk (Bakker en Blacqui re 1993).

2.6 Eustoma

Eustoma grandiflorum (synoniem: *Lisianthus russellianum*) is een kwantitatief langedagplant. Tijdens de winterperiode is de teelt van goede bloemen erg moeilijk. Assimilatiebelichting wordt op kleine schaal geprobeerd. De strekking van de internodi n neemt met het toenemen van de daglengte toe, terwijl het aantal internodi n onder de eerste bloem bij deze omstandigheden afneemt (Bakker et al 1994).

2.7 Freesia

In 1989 is begonnen met toepassing van assimilatiebelichting bij de teelt van Freesia naar aanleiding van onderzoeksresultaten in Naaldwijk en Wageningen. Ongeveer 10% van de telers maakt op dit moment gebruik van assimilatiebelichting. In het najaar van 1990 was het belichte areaal ongeveer 10 ha (3 ha in 1987) en in het najaar van 1993 25 ha. De geadviseerde lichtintensiteit is ongeveer $35 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ (7 Watt.m^{-2}) PAR. Geadviseerd wordt belichting toe te passen als aanvulling op de natuurlijke daglengte en lichtintensiteit en te regelen op een daglichtsom tot ongeveer 225 Wh groeilicht per m^2 ($\approx 4 \text{ mol.m}^{-2}.\text{dag}^{-1}$). De meeste telers laten de lampen standaard 20-22 uur per dag branden.

Uit het onderzoek van Berghoef et al (1991) bleek dat de bloeminductie en uitgroei vooral door temperatuur wordt beïnvloed en in mindere mate door daglengte. Bloemknopinductie, vorming van secundaire takken en takkwaliteit worden echter wel gestimuleerd door kortedag (bij gelijke lichtsom), terwijl langedag de uitgroeisnelheid van (waarschijnlijk al aangelegde) bloemknoppen stimuleert. Door langedag kan de bloei zes tot veertien dagen worden versneld, maar de bovengrondse kwaliteit van de gevormde takken neemt af (kortere, lichtere takken, minder bloemen per tak, Gilbertson-Ferris en Wilkins, 1978; Gilbertson-Ferris, 1987)). Onder langedag omstandigheden gaat een groter deel van de gevormde assimilaten naar de knol en minder naar de hoofdtak en haken. Door belichten op dagsom wordt de spruit/knol verhouding bij toenemende dagsom kleiner, waarschijnlijk omdat, met name in het voorjaar, bij stijgende daglichtsom tegelijkertijd de daglengte toeneemt. Hierdoor neemt de assimilatoevoer naar de knol toe. Langedagomstandigheden lijken ook het transport van assimilaten naar de nieuwe knollen (kralen) te bevorderen (Berghoef et al 1991).

Naar aanleiding van belichtingsproeven met 'Blue heaven' concluderen Berghoef et al (1991) dat belichten voordat een knoplengte is bereikt van 15-20 cm, of voordat de tweede haak begint te groeien, voor de takproductie niet zinvol is. De extra assimilaten die door vroeger bijbelichten worden gemaakt gaan naar de knollen. De bloeidatum kan worden vervroegd door vroeg met belichten te beginnen. Stoppen met belichten minder dan twee weken voor de bloei van de hoofdtak heeft geen nadelige gevolgen voor de kwaliteit van de hoofdtak in vergelijking met doorgaan met belichten tot het einde van de bloei.

2.8 Gerbera

Gedurende de wintermaanden oktober-februari is de produktie, door de lage natuurlijke lichtintensiteit laag. Tussen februari en mei neemt door de hogere lichtintensiteit de hoeveelheid geproduceerde bloemen sterk toe. Langedag en hoge temperatuur tijdens de zomermaanden remmen de aanleg van bloemknoppen en de laterale scheutproductie. Wanneer in de herfst de temperatuur lager wordt en de dagen korter, neemt het aantal geproduceerde bloemen weer toe.

Assimilatiebelichting tijdens de wintermaanden heeft niet alleen een positief effect op uitgroeiende bloemknoppen, maar vermindert ook knopverdroging. De lengte van de bloemsteel neemt bij toepassing van assimilatiebelichting, evenals de bladoppervlakte, toe. Belichte planten vormen duidelijk meer en grotere bladeren dan onbelichte planten. De onder assimilatiebelichting gevormde bladeren zijn ook veel stugger, vertonen meer glans en zijn donkerder groen van kleur. (Van 't Klooster, 1988; Van Os, De Koster 1989). Hoewel assimilatiebelichting tijdens de wintermaanden een positief effect heeft op de produktie, is de produktie in de periode maart-mei minder dan die van onbelichte planten (Ploeger, 1989, Van 't Klooster, 1988).

Het aantal bloemknoppen dat wordt gevormd neemt af wanneer de daglengte waarbij de planten worden gekweekt, wordt verlengd tot 16 uur. Vermoedelijk moet de lengte van de lichtperiode onder de 14 uur blijven om de bloemknopaanleg niet negatief te beïnvloeden (Van 't Klooster, 1988).

2.9 Lelie

Tijdens het in bloei trekken van lelies kan bloemknopabortie en knopverdroging een sterke produktiedaling veroorzaken. Zowel korte dagen als lage lichtsterkte versterken de mate van abortie en verdroging. Vooral bij de Aziatische hybriden kan door bloemknopabortie en bloemknopverdroging onder lichtarme periodes een groot deel van de produktie verloren gaan. Oriëntals en Longiflorums zijn minder gevoelig en produceren onder lichtarme omstandigheden vaak nog redelijk.

Voor de lelieteelt van Aziatische hybriden tijdens de winterperiode is assimilatiebelichting noodzakelijk. Door toepassing van assimilatiebelichting wordt bloemknopuitgroei gestimuleerd

en bloemknopabortie en verdroging aanzienlijk gereduceerd. Belicht wordt gedurende de laatste vier à vijf weken van de teelt.

2.10 Roos

De ontwikkeling van bloeiende scheuten is afhankelijk van temperatuur, daglengte en lichtniveau. In de gematigde streken vertonen de daglengte en lichtniveau een seizoensafhankelijk patroon gedurende de loop van het jaar. Dit patroon is gedurende het jaar ook terug te vinden in de produktie van rozen, de laagste produktie valt echternijf tot negen weken na de periode met de laagste instraling (Zieslin en Mor, 1990).

Een belangrijk gedeelte van het huidige glastuinbouwareaal met assimilatiebelichting wordt gebruikt voor de rozenteelt. Gebruik van assimilatiebelichting gedurende periodes met weinig natuurlijk licht kan de produktie van rozen sterk vergroten. De mate waarin is afhankelijk van de cultivar (Nederhoff, Swaans, 1987).

Door het grotere aantal lampen en armaturen per oppervlakteenheid wordt de door de lampen geproduceerde warmte een steeds groter probleem. De warmte moet in veel gevallen worden afgevoerd door extra luchten, waardoor luchtvochtigheid en CO₂ concentratie afnemen. Toen in Nederland rond 1985 begonnen werd met assimilatiebelichting bij rozen werd belicht met een niveau van ongeveer 30 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$. Sinds die tijd is het toegepaste belichtingsniveau hoger geworden en tegenwoordig wordt soms al belicht met een niveau van ongeveer 55 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ (Wawra, 1992).

De produktie van rozen staat zowel onder invloed van daglengte als van lichtniveau. Tijdens belichtingsonderzoek in Horst en Klazinaveen werd tussen de ontvangen lichtsom gedurende de winterperiode en de produktie bij Madelon een lineair verband gevonden. Het verband tussen daglichtsom en produktie bleek echter afhankelijk van de daglengte. Een daglengte van 20 uur gaf meer, maar lichtere takken dan een daglengte van 16 uur. De energie-efficiëntie was bij 16 uur beter dan bij 20 uur (De Koning, 1992).

Toepassing van assimilatiebelichting kan naast produktieverhoging en verbetering van de uitwendige kwaliteit (zwaardere takken dikkere en steviger stelen) ook afwijkingen in de ontwikkeling veroorzaken, vooral wanneer de dagelijkse donkerperiode minder wordt dan 4 uur. Grootbloemige cultivars (Sonia, Madelon, Carambole) lijken gevoeliger voor lange belichtingen dan kleinbloemige cultivars (Frisco, Champagne, Europa). Veranderingen die bij toepassing van assimilatiebelichting worden gevonden zijn: bladkrulling, kromme nekken (o.a. Jacaranda), verandering van het huidmondjesritme, vergrote gevoeligheid voor verstoring van de watervoorziening (o.a. Sonia, Madelon en Idole; Slootweg en Van Meeteren, 1990), kleurverandering van bloem en blad (bij het blad treedt soms verbleking op), vergroting van de bladoppervlakte en verandering van de bladmorfologie.

Wanneer de temperatuur laag wordt gehouden worden aan bloemtakken bij korte dag meer bladeren aangelegd dan bij langedag. De vorming van bloemen wordt gestimuleerd door langedagen en hoge lichtintensiteit. Door hogere temperatuur en lichtintensiteit neemt de taklengte af (Kayat en Zieslin, 1982; Moe, 1972; Zieslin en Mor, 1990).

CO₂-dosering tijdens de groei is van grote invloed op de produktie. Onvoldoende dosering kan een groot deel van de met assimilatiebelichting haalbare meeropbrengst (soms zelfs 40%; Moe 1987) teniet doen.

Kunstmatig bijbelichten van rozen stimuleert het uitlopen van basale scheuten (Carpenter en Anderson, 1972), een verlaging van de lichtintensiteit of verduistering remt het uitlopen van deze scheuten af (Zieslin en Mor, 1981). Verduistering van basale knoppen houdt het uitlopen zelfs na terugsnoeien van de scheuttop tegen (Khayat en Zieslin, 1982). Verduisterde knoppen hoger op de stengel lopen na verwijderen van de scheuttop wel uit. Verrood licht remt de uitloop van basale knoppen (Healy en Wilkins, 1980).

Het niet tot ontwikkeling komen van een bloem op een uitlopende knop (loosvorming) kan in sommige situaties de produktie verminderen. De vorming van loze scheuten kan worden verminderd door hogere lichtsterkte tijdens de uitgroei van de scheut, een hoog gehalte van mobiliseerbare koolhydraatreserves (door hoog lichtniveau en/of een lange rustperiode met lage temperaturen), veel blad en een hoge CO₂-concentratie om zo goed mogelijk gebruik te kunnen maken van het aanwezige licht.

Vooral de hoeveelheid licht in de eerste 10 tot 25 dagen na terugknippen is bepalend voor de loosvorming. In dit stadium is de uitgroeiende scheut voor aanvoer van de energie in de vorm van koolhydraten afhankelijk van andere delen van de struik. Wanneer op snee wordt geteeld kan de loosvorming door bijbelichting in deze eerste fase van bloemontwikkeling worden verminderd.

Bij onderzoek naar effect van luchtbevochtiging bij de teelt van rozen bleek dat door gecontroleerde luchtvochtigheid tijdens de zomermaanden de opbrengst kan toenemen. Dit bleek uit een toename van het aantal geproduceerde takken en de kwaliteit (gewicht, lengte, bladgrootte) daarvan. Bij onderzoek tijdens de winterperiode werd bij een belichtingsduur van 18 uur een positief effect van luchtbevochtiging gevonden. Bij een daglengte van 24 uur was het effect van luchtbevochtiging bij een aantal cultivars echter negatief. Opvallend was dat de produktie en kwaliteit van planten bij een belichting van 18 uur in combinatie met luchtbevochtiging minstens even goed of zelfs beter was dan die bij planten bij 24 uur belichting met of zonder luchtbevochtiging, zes uur langer belichten had hier dus geen extra effect op de produktie (Darlinton et al 1992).

Door assimilatiebelichting verandert de opbouw van een rozeblad. Belichte bladeren hebben meer een zonnebladkarakter dan onbelichte. Ze hebben een dichtere pakking van cellen, met name aan de bovenkant van het blad. Bovendien bevatten deze cellen meer bladgroenkorrels (Blacqui re, 1989). De betekenis voor de gewasfotosynthese is nog niet duidelijk. De bovengenoemde veranderingen zorgen ervoor dat de bladdikte toeneemt bij toepassing van assimilatiebelichting. Van dit laatste wordt vaak melding gemaakt (o.a. Menard, Dansereau, 1992).

De verdamping van rozen geteeld met assimilatiebelichting is groter dan van rozen die zonder bijbelichting zijn opgekweekt. (Van Meeteren en Slootweg, 1990). Dit verschil wordt veroorzaakt door het grotere bladoppervlak van belichte rozen en een verstoring van het sluitingsritme van de huidmondjes bij niet belichte rozen. Verstoring van het sluitingsritme komt vaak pas tot uiting in de periode tussen november en maart. De mate waarin het huidmondjesritme kan worden verstoord door belichting is afhankelijk van de cultivar. Bij Sonia treedt het effect later op dan bij Madelon. Sonia en Madelon zijn weer gevoeliger dan Frisco.

De hogere verdamping van de belichte bladeren (ook tijdens de donkerperiode) veroorzaakt in de belichte rozen een verlaging van de waterpotentiaal. Als gevolg hiervan is de waterpotentiaal bij het oogsten van bloemen het laagst bij belichte bloemen, waardoor ook het incasseringsvermogen van de rozen is afgenomen. Hierdoor kan in een aantal gevallen de houdbaarheid van belichte rozen minder zijn dan die van onbelichte rozen. Als de bloemen na de oogst op de juiste manier worden behandeld is de houdbaarheid van belichte en onbelichte rozen niet verschillend. Naast het effect op het openings- en sluitingsritme van de huidmondjes lijkt de doorstroomcapaciteit van de steel van rozen ook af te nemen (Slootweg, 1992).

De door de toepassing van assimilatiebelichting toegenomen verdampingssnelheid komt ook nog na de oogst voor. Belichte takken van Madelon vertoonden bladverbranding bij suikerconcentraties in het vaaswater waarbij onbelichte takken geen verbranding vertoonden. Zelfs nadat de takken onder water waren afgesneden en een herstelperiode van 3 of 24 uur in de koelcel bij 4 °C hadden gekregen, kwam dit verschijnsel voor. Het leek op het effect van een te hoge suikerconcentratie in het vaaswater. Bij nader onderzoek bleek dat lang belichte rozen gevoeliger zijn voor hoge suikerconcentraties, zich uitend in bladverbranding, dan onbelichte rozen. Tussen cultivars bestaan echter grote verschillen. Europa en Frisco zijn bijvoorbeeld veel minder gevoelig voor hoge suikerconcentraties dan Madelon of Sonia. In de praktijk werd bij Eskimo, geteeld bij een belichting van 24 uur bladverbranding gevonden. De waargenomen

symptomen leken sprekend op de symptomen die optreden bij te lang staan op een te hoge concentratie AlSO_4 . Het is goed mogelijk dat de combinatie van voorbehandelingsmiddel en versterkte verdamping door de lange belichting de oorzaak zijn voor de gevonden afwijkingen.

Bij de teelt van rozen met alleen kunstlicht in een fytotron blijken grootbloemige rozen zoals Sonia en Madelon snel op te lange belichtingen te reageren met sterke bladkrulling en zelfs groeiremming. Het blad voelt ook leerachtig aan. Na een week continu belichten kan het bij Madelon (onder normale omstandigheden) twee weken duren voordat de groei van de plant weer verder gaat.

3 POTPLANTEN

Van het totale areaal potplanten, (900 ha) stond in 1990 ongeveer 100 ha onder assimilatiebelichting. De tendens is dat het areaal met assimilatiebelichting bij potplanten verder toeneemt. Er zijn schattingen van 180 ha assimilatiebelichting (van totaal 1100 ha) in 1993.

Assimilatiebelichting wordt voornamelijk bij moederplanten, onbewortelde stek en in de opkweekfase van jonge planten toegepast. Bovendien bij enkele gewassen die 's winters niet zonder belichting zijn te telen. Door belichting van moederplanten wordt een aanzienlijke verhoging van de stekproductie bereikt. Gebruik van assimilatiebelichting bij de opkweek van jonge planten geeft extra groei, verminderde uitval, betere kwaliteit (dikker en harder stek met meer scheuten), teeltversnelling. Bovendien is het mogelijk met hogere plantdichtheden te werken en wordt de teelt beter planbaar.

Hoewel de kwaliteit van tijdens de afkweek belichte planten beter en de prijs ook hoger is dan die van onbelichte planten, wordt tijdens de afkweek (nog) weinig belicht. De teeltversnelling en de meeropbrengst wegen niet op tegen de kosten van assimilatiebelichting. Voor een aantal gewassen, zoals dubbelbloemige *Begonia* (in verband met bloemrui), *Kalanchoë*, *Impatiens* 'Nieuw Guinea' is een teelt gedurende de wintermaanden echter alleen mogelijk wanneer assimilatiebelichting wordt toegepast.

Tussen de verschillende bedrijven bestaat een grote variatie wat betreft belichtingsduur (tot 24 uur) en -sterkte ($25-40 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, ongeveer 5 tot 8 W m^{-2}). Een belichtingsduur van 24 uur blijkt voor steeds meer gewassen te veel. Wanneer de dagsom gelijk wordt gehouden en de lengte van de lichtperiode wordt gevarieerd is de groei van bijvoorbeeld *Begonia*, *Chrysanthemum*, *Hedera*, *Kalanchoe* en *Pelargonium* bij een daglengte van 20 uur duidelijk beter dan bij een daglengte van 24 uur (Gislerød et al 1989). Afwijkingen die als gevolg van te lang belichten kunnen ontstaan zijn groeivertraging, bladverkleuring en bladmisvorming. Veel telers houden daarom een minimum donkerperiode aan van 4 uur.

Kalanchoë, *Begonia*, *Ficus*, potchrysant, *Nephrolepis* en *Schefflera* reageren in de winter het sterkst op belichting, de plantomvang neemt meer dan 20% toe door belichting. *Dieffenbachia*, *Saintpaulia* en *Codiaeum* worden door belichting tussen de 10-15% groter. Bij *Guzmania*, *Yucca*, *Spathiphyllum* en palm wordt, voor zover bekend, nauwelijks een teeltversnelling verkregen. Assimilatiebelichting heeft een kleine invloed op de bloeirijkheid en bladkleur. Bij *Kalanchoë* en *Saintpaulia* is de toename van bloeirijkheid relatief groot, bij (enkelbloemige) *Begonia* en *Cyclamen* relatief klein. Het effect van belichting op bladkleur is relatief groot bij *Dieffenbachia* en *Schefflera*, middelmatig bij *Begonia*, *Codiaeum* en *Kalanchoë* en relatief klein bij *Saintpaulia* en *Ficus* (Oprel et al, 1989)

3.1 Begonia

De vorming van bloemknoppen staat bij *Begonia* onder invloed van daglengte. Verduistering wordt toegepast als middel om gelijkheid en vroegheid te verbeteren. Onder kortedag wordt de bloemknopvorming gestimuleerd. Voorafgaand en na de inductie van bloemknoppen kan weer een langere daglengte worden aangehouden. Dubbelbloemige cultivars kunnen gedurende de winter alleen met assimilatiebelichting geteeld worden omdat anders te weinig bloemen worden aangelegd en teveel knopval optreedt. Na problemen door te lang belichten (langer dan 20 uur) hielden veel telers een belichtingsduur van ongeveer 18 uur aan, tegenwoordig is de meest toegepaste belichtingsduur ongeveer 20 uur. Bij belichtingsonderzoek in Lent leverde een belichtingsduur van 18 uur het beste resultaat.

Belichte planten vormen meer zijscheuten en hebben een betere blad- en bloemkleur dan onbelichte planten. Wanneer assimilatiebelichting slechts gedurende een gedeelte van de teelt gegeven wordt neemt de kans op knopval toe (Anonymus, 1991b).

Door assimilatiebelichting neemt zowel bij de dubbelbloemige cultivars als de enkelbloemige, de plantgrootte en aantal bloemen toe. Gebruik van assimilatiebelichting kan echter ook leiden

tot een verlenging van de teeltduur. In een belichtingsonderzoek in Lent bleek dat de teeltduur van planten van 'Renaissance' opgepot in week 36 (1991) langer was bij de belichte planten dan bij de onbelichte, hoewel de teeltduur meestal door toepassing van assimilatiebelichting verkort. De houdbaarheid van *Begonia* kan door belichtingen langer dan 20 uur negatief worden beïnvloed (De Beer, 1992). Bij een belichtingsduur van meer dan 20 uur ontstaat bladvergelting (gele vlekken) die door vermindering van de belichtingsduur weer verdwijnt.

Hoe langer wordt belicht hoe compacter de plant wordt (minder remmiddel nodig bij langer belichten). Lang belichten (20 uur) met een hoge intensiteit ($50 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) geeft bij de cultivars 'Renaissance' en 'Rosanna' een zeer compacte plant met veel zij scheuten. Bij 'Renaissance' treedt roodverkleuring van bladranden en nerven op. De bladinsnijdingen worden met toenemende belichtingsduur en -intensiteit dieper. Bij Duits onderzoek werd door toepassing van assimilatiebelichting bij de teelt van *Begonia* met een lichtsterkte van $37 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ een teeltduurverkortings van twee weken bereikt. Bovendien werd het aantal zij scheuten met 30% vergroot. (Bettin, Ludolph, 1988). Bij belichtingsonderzoek in Aalsmeer (Verberkt, 1990) ontstonden bij de cultivar 'Schwabenland' als gevolg van de belichting afwijkende bloemen. Naast de vier normale bloemblaadjes werden in het hart nog extra bloemblaadjes gevormd. De gevormde normale bloemblaadjes waren bovendien niet gaaf. Opvallend was dat het blad van planten met afwijkende bloemen vaak ook erg hard en stug was en bovendien waren bij de ergste gevallen stekels op het blad zichtbaar. De meeste afwijkingen werden gevonden bij de langst belichte planten. Ook bij zeer hoge belichtingssterkte kan bladschade ontstaan. Hierbij ontstaan een sterke roodverkleuring en chlorose.

3.2 Campanula

Bij *Campanula* wordt de bloemknopontwikkeling en vorming door lange dagen gestimuleerd. Wanneer assimilatiebelichting wordt toegepast, bijvoorbeeld bij *Campanula carpatica*, moet een daglengte van minstens 16 uur worden aangehouden (Kristiansen, 1986). Bij onderzoek naar het effect van belichtingsniveau en CO_2 -dosering op de produktie van moederplanten voor de stekproduktie van *Campanula isophylla* bleek dat het aantal stekken sterk toenam met toenemende belichtingssterkte. Opvallend daarbij was dat bij een belichtingssterkte van $17,4 \text{ Watt.m}^{-2}$ ($87 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) PAR SON-T gecombineerd met CO_2 -dosering (900 ml/m^3) dezelfde stekproduktie werd gerealiseerd als bij een belichting met 29 Watt.m^{-2} zonder CO_2 -dosering. In dit geval bleek CO_2 -dosering de lichtbehoefte met 40% te reduceren ten opzichte van een teelt zonder CO_2 -dosering (Moe, 1987).

3.3 Codiaeum

Door gebruik van assimilatiebelichting tijdens de winterteelt van *Codiaeum* neemt de bontheid sterk toe. Tegelijkertijd neemt de bladgrootte en internodiën lengte toe, waardoor de algehele plantvorm uiteindelijk minder mooi wordt. (Verberkt 1988). Bij toepassing van assimilatiebelichting wordt bij sommige cultivars de bladkleur lichter.

3.4 Potchrysant

Bijbelichting met SON-T met een belichtingssterkte van $35\text{-}50 \mu\text{mol}$ ($3000\text{-}4000 \text{ lux}$) versnelt de beworteling van stekken niet. De ontwikkeling van zij scheuten en bloemknoppen neemt, evenals de uniformiteit van het plantmateriaal, door toepassing van assimilatiebelichting wel toe. Lage lichtintensiteiten werken sterk vertragend op de bloei. Grootbladige cultivars zijn hiervoor minder gevoelig. (Hendriks, Ludolph, 1991). Assimilatiebelichting wordt door weinig telers toegepast. Met assimilatiebelichting kan de teelt van potchrysanten in de winter worden voortgezet. Zonder belichting is de kwaliteit onvoldoende.

3.5 Cordyline

De bladkleur (roodkleuring) van *Cordyline* verbetert bij toepassing van assimilatiebelichting. Door belichting neemt ook de groeisnelheid toe (Balemans en Dugardin, 1991). De meeste telers maken geheel of gedeeltelijk gebruik van assimilatiebelichting. Vooral in de wintermaanden is de bladkleur zonder assimilatiebelichting onvoldoende. De niet belichte planten worden door onvoldoende bladkleur slecht verkocht. Voor een normale ontwikkeling wordt een nacht van 6 tot 8 uur aangehouden.

3.6 Cyclamen

Cyclamen reageren op assimilatiebelichting met een sterke toename van blad- en bloemsteellengte waardoor slappere planten ontstaan. Door toepassing van assimilatiebelichting wordt de teeltduur verkort (Bettin en Ludolph, 1988).

3.7 Dieffenbachia

Bijbelichten gedurende de wintermaanden (september-januari) leidt tot zwaardere planten met meer scheuten dan de niet belichte planten. Door belichten neemt de plantlengte en grootte toe. Een niet gewenst effect van assimilatiebelichting is de groenverkleuring van de bladdelen die normaal wit zijn. Hoe langer wordt belicht hoe sterker dit effect. De gevoeligheid voor groenverkleuring is cultivarafhankelijk. De verkleuring van het blad van 'Camilla' is bij belichtingen van langer dan 15 uur niet meer acceptabel, terwijl dat bij 'Compacta' bij 18 uur het geval is (De Beer, 1992).

3.8 Dracaena

Onder assimilatiebelichting kan bij *Dracaena* sterke geelverkleuring ontstaan.

3.9 Epipremnum

Bij gebruik van assimilatiebelichting neemt de plant- en internodiën lengte van *Epipremnum* toe. Door de belichting kan het blad hard en stug worden met soms een 'bobbelig' uiterlijk (Verberkt 1990).

3.10 Euphorbia pulcherrima (Poinsettia)

Assimilatiebelichting wordt vrijwel alleen toegepast tijdens de beworteling en opkweek van jong plantmateriaal. Voor de inductie en uitgroei van bloemknoppen is een periode van kortedagen nodig. Door assimilatiebelichting van burens is bij enkele telers van *Euphorbia pulcherrima* schade ontstaan in de vorm van vertraging van de bloei en als gevolg daarvan ook een te sterke strekking van de planten (Maurik, 1989). Omdat de kerstster een erg lichtgevoelige kortedag plant is, veroorzaakte het buurmanlicht een verlate roodkleuring van het scherm en daardoor ook meer gerekte planten. De planten reageren nog op lichtsterktes van minder dan 2 lux.

Toepassing van assimilatiebelichting tijdens de vegetatieve groeifase van poinsettia versterkt de uitloop van zijscheuten en verhoogt de groeisnelheid. Hoe groter de lichtsterkte, hoe sterker effect (Hagen, Moe, 1981).

Bij toepassing van assimilatiebelichting tijdens de generatieve groeifase kan door verhoging van het niveau van assimilatiebelichting van 12 tot 73 μmol de bloemontwikkeling worden versneld. De hogere belichtingssterkte tijdens de teelt reduceert ook de mate van abscissie van de cyathia gedurende de eerste twee weken in een uitbloeiruimte (Moe et al, 1992).

3.11 Exacum

Belichting van *exacum* tot een daglengte van 18 uur geeft bloeivervroeging, een groter aantal bloemen en een betere vertakking. Omdat de planten compacter worden is ook minder remmiddel nodig (o.a. Anonymus, 1992). Gezaaide planten reageren sterker dan gestekte planten. In Lent is in 1992 een proef gedaan met *Exacum affine* waarbij een vergelijking is gemaakt tussen onbelichte en belichte planten (daglengte tot 18 uur). Belichte planten waren, bij eenzelfde hoeveelheid remmiddel, duidelijk korter dan onbelichte planten.

3.12 Fatschedera

Fatschedera reageert heel sterk op assimilatiebelichting. De plantlengte neemt sterkt toe, evenals de grootte van de bladeren. De internodiënlgte van belichte planten is aanzienlijk groter dan die van onbelichte planten. Alleen als gedurende langere tijd continu wordt belicht ontstaat schade. Vooral bij de wat grotere planten ontstaan dan, bij langdurig belichten, puntvormige chlorotische vlekken in de bladrand (Verberkt, 1988).

3.13 Ficus

Assimilatiebelichting wordt bij de teelt van *Ficus benjamina* vrijwel alleen gebruikt bij de opkweek van plantmateriaal. Met assimilatiebelichting, vooral bij langere belichtingen en periodes met relatief weinig natuurlijk licht, komt een geelverkleuring van het jonge blad voor die veel aan ijzergebrek doet denken. Tevens wordt het bladoppervlak bobbelig. Dit verdwijnt na verkorten van de belichtingsduur tot 14 uur of het volledig uitschakelen van de verlichting binnen enkele weken. Het lijkt op de geelverkleuring die bij *Ficus* kan ontstaan bij snelle groei in combinatie met een toename van de instraling (zoals in het voorjaar voorkomt). Bij de laatste omstandigheden verdwijnt de verkleuring na enige tijd ook vanzelf.

Geadviseerd wordt om bij toepassing van assimilatiebelichting een donkerperiode van minimaal vier uur aan te houden. Toepassing van assimilatiebelichting bij de teelt van *Ficus benjamina* 'Exotica' en 'Starlight' geeft meer zijtakken en grotere planten (18 uur 6 W m⁻²). Door belichten tijdens de teelt neemt het drogestofgehalte van de planten af (Verberkt, 1989).

Bijbelichten tot een niveau van 9 W.m⁻² en een dagverlenging tot 18 uur, heeft geen effect op de bontheid van 'Starlight'. De stevigheid van de planten wordt door bijbelichten verbeterd. Langdurige belichting met lage intensiteit (bijvoorbeeld 24 uur met 3000 lux) heeft eenzelfde effect als korter belichten met hogere lichtsterkte (bijvoorbeeld 12 uur met 6000 lux). Dat betekent dat, tot een daglengte van 18 uur, niet de belichtingsstrategie, maar de belichtingssom bepalend is voor de groei van *Ficus benjamina* (Hell et al 1992). Verplaatsing van belichte planten naar donkerder (huiskamer-omstandigheden) leidt, bij belichte planten niet tot sterkere bladval in vergelijking met onbelichte planten. Door belichting wordt een teeltversnelling bereikt die ook na het einde van de belichting behouden blijft. Het moment van belichting is van weinig invloed op het effect van de belichting op de plantontwikkeling. Belichting in combinatie met daglicht had meer effect dan nachtbelichting met twee donkerperiodes per 24-uurs cyclus (Hell et al 1992).

In een bedrijfsvergelijkend onderzoek *Ficus* (Benninga en Uitermark, 1991) werd geen samenhang gevonden tussen lichtdoorlatendheid van de kassen en de opbrengst. Het bleek dat de donkerste bedrijven een zeer aanvaardbare lengtegroei en zijscheutvorming realiseerden. Uit de geringe samenhang tussen lichtdoorlatendheid van de kassen en de opbrengst kan worden

afgeleid dat andere groeifactoren zoals temperatuur en luchtvochtigheid de verschillen in lichtdoorlatendheid kunnen compenseren. Tussen het uitgangsmateriaal, watergeefstelsel en opbrengst werd wel een duidelijk verband gevonden (bijna een derde deel van de opbrengst kon met deze factoren worden verklaard).

Bij de teelt van *Ficus elastica* veroorzaakt het gebruik van assimilatiebelichting een toename van de internodiënlengthe.

3.14 Hedera

De reactie van Hedera op assimilatiebelichting lijkt sterk op de reactie van Fatschedera. Langdurig belichten veroorzaakt bij bonte planten kleurafwijkingen die bestaan uit een slechte overgang tussen de groene en witte gedeeltes van het blad.

3.15 Hortensia

Bijbelichten met assimilatiebelichting gedurende een periode van 12 of 13 uur met een niveau van $30 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ had geen invloed op groei en ontwikkeling. Bijbelichten met dezelfde intensiteit gedurende een periode van 18 uur gaf een kortere teeltduur. (Bettin, Ludolph, 1988). Tijdens de wintermaanden kan ongeveer gedurende vier à vijf weken van de teelt worden belicht. Langer belichten geeft teveel strekking.

3.16 Impatiens

Het effect van assimilatiebelichting is relatief groot maar niet voldoende om een jaarrondteelt mogelijk te maken. Wel kan de teelt worden vervroegd (maart/april).

3.17 Kalanchoë

De belangrijkste toepassing van assimilatiebelichting bij de teelt van Kalanchoë is de belichting van moederplanten. Bij de teelt van moederplanten en de opkweek van jonge planten wordt door vrijwel alle telers gebruik gemaakt van assimilatiebelichting. Bij ongeveer 45% van de afkweek wordt ook assimilatiebelichting toegepast. Het gebruik van assimilatiebelichting is vooral toegenomen door de import van belichte planten uit Denemarken met een duidelijk beter uiterlijk dan de in Nederland geproduceerde planten.

Door het aanhouden van langedagomstandigheden wordt de bloemknopaanleg tegengehouden. Wanneer langer dan 20 uur wordt belicht kunnen groeiafwijkingen ontstaan. Omdat Kalanchoë een kortedagplant is, kan tijdens de periode waarin de bloemknoppen moeten worden aangelegd slechts tien tot elf uur worden belicht. Wanneer de bloemknoppen zijn aangelegd kan langer worden belicht.

Planten opgekweekt onder assimilatiebelichting geven dikkere en hardere stekken. Toepassing van assimilatiebelichting tijdens de afkweek (na de kortedagbehandeling) geeft een kleine teeltversnelling. Planten worden een klein beetje zwaarder. Door langer belichten tijdens de uitgroei van de bloemknoppen neemt de bloemsteellengte toe, waardoor meer remmiddel gebruikt moet worden. Een andere reactie op assimilatiebelichting is dat het openings- en sluitingsritme van de bloemen kan veranderen. Wanneer 's nachts wordt belicht sluiten de bloemen al overdag. Hoe eerder in de nacht wordt begonnen met de belichting, hoe vroeger op de dag de bloemen zich sluiten.

Bij de gele cultivars veroorzaakt assimilatiebelichting een oranjeverkleuring van de bloemen. Toch neemt de plantkwaliteit door assimilatiebelichting toe door de vorming van meer knoppen en extra takken (Verberkt 1990).

3.18 Pelargonium

Belichting van *Pelargonium*-moerplanten met SON-T tot een niveau van 80 kluxh/dag ($3,5 \text{ mol.m}^{-2}.\text{dag}^{-1}$) heeft een positief effect op het aantal stekken. Bij hogere niveaus ontstaan, na het steksnijden, chlorotische en necrotische vlekken in het oudere blad. Door het gebruik van assimilatiebelichting neemt de internodiënlengte van de stekken af. Het gewicht van stekken van belichte moerplanten is lager dan het gewicht van stekken van onbelichte moerplanten. Een nadeel van de belichting kan zijn dat belichte stekken te vroeg bloeien.

Bij de groei en ontwikkeling van *Pelargonium* kan onderscheid worden gemaakt in de periode tot de eerste bloemknop zichtbaar wordt en de periode van het zichtbaar worden van de bloemknop tot de bloei. De lichtsterkte heeft gedurende de eerste fase een belangrijke invloed op de duur van deze periode, hogere lichtsterkte verhoogt de aanlegssnelheid van bloemknoppen. Na aanleg van de bloemknoppen wordt de uitgroeisnelheid en de uiteindelijke bloemdiameter vooral door de temperatuur bepaald, verhoging van de temperatuur versnelt de uitgroei van de bloemknoppen. De grootste bloemdiameter wordt bereikt bij een temperatuur van 15°C , zowel bij hoger als bij lagere temperatuur worden kleinere bloemen gevormd (Armitage et al 1981).

De bladmorphologie staat zowel onder invloed van temperatuur als onder invloed van de lichtsterkte. Bij lagere temperatuur neemt de bladdikte, het aantal lagen pallisadenparenchym en het aandeel van het pallisadenparenchym op de totale bladdikte toe; De bladdikte neemt ook toe met toenemende lichtsterkte. Bij onder najaars- en wintercondities opgekweekte planten is een lichtverzadigingspunt van de bladfotosynthese gevonden, afhankelijk van de temperatuur, tussen 700 en $1100 \mu\text{mol PPF}$ (Armitage et al 1981).

3.19 Phalaenopsis

Phalaenopsis kan gedurende de wintermaanden veel last hebben van knopval. Vooral wanneer na een periode met veel licht een periode volgt met weinig licht. Wanneer de temperatuur tijdens de uitgroei van de bloemtak lager is blijkt de kans op knopval aanzienlijk kleiner te worden. Verlaging van temperatuur geeft echter ook een oogstverlating. Door toepassing van assimilatiebelichting (SON-T van 6 tot 16 uur $10 \text{ W m}^{-2}.\text{s}^{-1}$, $50 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) tijdens de uitgroei van de bloemtak vermindert de kans op knopval, wordt de oogst vervroegd en neemt de bloemdiameter toe. (Van Os en Van Mourik, 1991).

3.20 Rechsteineria

Bij onderzoek op de proeftuin in Lent in januari 1991 is belicht tot 18 uur en onder 45 Watt. Als gevolg van de belichting werd de bloei sterk vervroegd. De belichte planten bleven compacter waardoor minder remmiddel nodig was.

3.21 Saintpaulia

Saintpaulia geteeld onder assimilatiebelichting tijdens de winterperiode reageert op hogere intensiteit en langere belichtingsduur met een sterkere gewasgroei, vervroegde bloei en een groter aantal bloemen. Met de toenemende duur en sterkte neemt ook de hardheid van het gewas toe, waardoor bij inpakken en afzet gemakkelijk breuk ontstaat. Ook de vorming van dubbele harten bij daarvoor gevoelige cultivars, zoals 'Mina', neemt toe. Naarmate duur en niveau van de belichting toeneemt verandert ook de stand en de vlakheid van het blad. De bladschijf maakt een hoek omdat de bladhelften langs de middennerf omhoog staan, bovendien wordt het blad minder vlak. In de praktijk wordt een donkerperiode van 6-7 uur aangehouden. Op dit moment wordt op ongeveer 3-4 ha van assimilatiebelichting gebruik gemaakt.

3.22 Schefflera

Het uiterlijk van belichte en onbelichte planten van *Schefflera* kan zeer sterk verschillen. Opvallend is dat assimilatiebelichting, in tegenstelling tot veel andere gewassen, bij *Schefflera* een toename van de internodiënlengthe veroorzaakt. Bij kwaliteitsbeoordeling wordt dit negatief beoordeeld. Bij *S. actinophylla* 'Gold Capella' neemt de bonthheid, door toepassing van assimilatiebelichting, toe (Verberkt, 1989).

3.23 Scindapsis.

Bijbelichting met assimilatiebelichting heeft relatief weinig effect. Verwarming heeft veel grotere invloed op groei en plantvorm. Lange belichting (meer dan 18 uur) veroorzaakt een afwijkende bladvorm waarbij vooral het bobbelig bladoppervlak opvalt. Om afwijkingen te voorkomen wordt een belichtingsduur van ongeveer 14 uur aangehouden.

3.24 Sinningia

Op de proeftuin in Lent is gekeken naar het effect van bijbelichten met SON-T (6 Watt m^{-2} , $30 \mu\text{mol.m}^{-2}\text{s}^{-1}$) tot een daglengthe van 18 uur bij *Sinningia cardinalis*. Planten die tijdens de winterperiode onbelicht worden geteeld worden langgerekt en vormen vrijwel geen zijscheuten. De belichte planten blijven kort en vormen wel zijscheuten, waardoor een vollere plant ontstaat. De teelt met assimilatiebelichting in de winter kan zonder gebruik van remmiddelen (Anonymus, 1992).

3.25 Spathiphyllum

Toepassing van assimilatiebelichting bij *Spathiphyllum* geeft een kleine teeltversnelling ten opzichte van onbelichte planten. Bovendien worden met assimilatiebelichting meer scheuten gevormd. De cultivar 'Petite' reageert sterk: veel extra scheuten. Het blad wordt onder assimilatiebelichting wel erg hard. Bij een hoge belichtingsintensiteit ($50 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$) treedt een lichte bladverkleuring op. De 'stand' van het gewas wordt minder.

3.26 Syngonium

Met assimilatiebelichting wordt het blad veel groener en komt sneller omhoog naar het licht toe. De stengels worden erg lang met langere internodiën en kleinere blaadjes. Door toepassing van assimilatiebelichting ontstaat een sterke toename van de stengellengte, vooral door een sterke toename van de internodiënlengthe. De hoofdscheut van belichte planten kan doorschieten, waardoor lange dunne ranken met kleine groene bladeren ontstaan (Verberkt, 1990).

3.27 Varens

Asplenium wordt bijna niet belicht en *Nephrolepis* wordt vrijwel alleen in de opkweekfase belicht. Bij de teelt van andere varensorten gebruiken de meeste telers (geheel of gedeeltelijk) assimilatiebelichting. Toenemende belichtingsduur en -sterkte veroorzaken bij *Nephrolepis* een toenemende compactheid van de plant. De blaadjes van de samengestelde bladeren gaan sterker krullen en de afstand tussen de afzonderlijke blaadjes neemt af waardoor de samengestelde bladeren korter worden. Een belichtingsduur tot 21 uur geeft een toename van

het plantgewicht ten opzichte van minder belichte planten. De cultivar 'Boston' reageert wat sterker op assimilatiebelichting met een langere duur dan 'Teddy Junior' (De Beer, 1992).

Bij *Pteris* heeft bijbelichting een zeer sterk effect op de plantvorm: de bladstelen worden veel langer en de bladgrootte en bladbontheid neemt toe. In extreme gevallen kan de plantvorm daardoor te 'los' worden en wordt de bladgrootte en steellengte negatief beoordeeld (Verberkt, 1990).

4 GROENTEGEWASSEN

In de glasgroententeelt wordt assimilatiebelichting bijna uitsluitend toegepast in het opkweekstadium van jonge planten voor met name tomaat, komkommer, aubergine en sla.

4.1 Aubergine

Bij gebruik van assimilatiebelichting moet een donkerperiode van minimaal vier uur worden aangehouden. Te lang belichten geeft geelverkleuring van de bladeren en groeiremming (Klapwijk, 1986).

4.2 Komkommer

Bij de opkweek van jonge komkommerplanten ontstaan geen afwijkingen wanneer geen donkerperiode wordt aangehouden. Belichten gedurende 22 uur met een intensiteit van $10 \text{ Watt m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ geeft tussen half september en half maart een teeltversnelling van maximaal 21%. (Klapwijk, 1986).

Door gebruik van assimilatiebelichting in de opkweekperiode van komkommer wordt de strekking van de internodiën geremd, waardoor een kortere, beter hanteerbare plant ontstaat. Bij de teelt van oudere komkommerplanten kan het niet aanhouden van een donkerperiode leiden tot een oogstreductie.

In Noorwegen werd bij een vergelijking van de groei van komkommers bij gelijke daglichtsom maar met een donkerperiode van nul of vier uur, een 50% hogere produktie gevonden bij de planten waarbij een donkerperiode werd aangehouden (Grimstad, 1990). Het aanhouden van een maximale daglichtsterkte van 5000 lux ($\pm 93 \mu\text{mol}$ of 20 Watt PAR) waarboven niet werd belicht reduceerde de produktie met 15% ten opzichte van doorbelichten gedurende de dag.

Licht afkomstig van assimilatiebelichting uit nabijgelegen kassen kan de groei en ontwikkeling van komkommerplanten storen. Bij onderzoek op het proefstation in Aalsmeer bleek dat dagverlenging met lage lichtniveaus SON-T licht tot een lichtperiode van 16 uur een negatief effect had op de ontwikkeling van komkommerplanten. Bij de cultivars 'Mustang', 'Farbio' en 'Corona' werd de lengtegroei van de planten geremd, bovendien werd de bloem- en vruchtontwikkeling vertraagd. De uitgroei van bloemen en vruchten vond door de belichting hoger op de stengel plaats. De sterkste effecten werden gevonden bij belichting in de tweede helft van de nacht (Bakker en Blacqui re 1992).

4.3 Tomaat

De ontwikkeling van de bloemtrossen is afhankelijk van de hoeveelheid licht gedurende de dag. Met toenemende lichtsterkte neemt het aantal bladeren tot de eerste bloemtros af tot een bepaald cultivar-afhankelijk aantal (vaak ongeveer zes tot zeven) (Kinet, 1977, Germing, 1963). Over daglengte-effecten bij tomaat is weinig bekend. De tomaat is al ingedeeld als daglengteneutrale, als kortedag-, maar ook als langedagplant.

Hurd (1973) en Kinet (1977) vonden dat bij vergelijking van het effect van verschillende daglengtes, bij gelijkblijvende daglichtsom, dagverlenging met lage lichtsterkte resulteerde in een toename van het aantal bladeren tot de eerste bloemtros en daardoor een produktieverlating. Kinet (1977) vond bovendien dat dagverlenging gegeven na aanleg van de bloeiwijze, de bloemknopopening vertraagde en de bloemknopabortie vergrootte.

Het aantal bladeren tot de eerste tros is ook afhankelijk van de temperatuur. Met toenemende temperatuur neemt het aantal gevormde bladeren tot de eerste bloemtros toe (Germing, 1963). Het aantal dagen tot bloei wordt echter nauwelijks be nvloed omdat door verhoging van de temperatuur ook de bladafsplittingsnelheid toeneemt (Calvert, 1959; Hussey, 1963).

Bij een proef gedurende zes weken met jonge tomatplanten waarin een vergelijking werd gemaakt tussen planten opgekweekt bij een daglengte van 8 uur en planten opgekweekt bij een daglengte van 16 uur bij gelijkblijvende stralingssom, werd bij de daglengte van 16 uur een hogere netto-assimilatiesnelheid, relatieve groeisnelheid en relatieve toename van de bladoppervlakte gemeten. Bij kortedag werden de bloemtrossen een à twee internodiën eerder aangelegd. Het aantal bloemen aan de eerste bloemtros was bij beide behandelingen gelijk (Hurd, 1972). Bij langedag was een groter gedeelte van de droge stof in bladmassa aanwezig. Bij verschillende daglengtegevoelige gewassen neemt de bladgrootte onder invloed van langedag toe (Cockshull 1966).

Bij praktijkproeven met assimilatiebelichting werd de vegetatieve groei van tomatplanten sterk gestimuleerd. De drogestofverdeling naar bladeren en stengel nam toe.

Een tomaat is gevoelig voor te lange belichting. Al in 1930 (Arthur et al 1930) werd waargenomen dat jonge tomatplanten die 24 uur per dag werden belicht daar niet tegen konden. Als gevolg van de belichting ontstond bladschade en stierven de planten na enige tijd zelfs af. Dat tomaat heel gevoelig kan zijn voor licht blijkt ook uit resultaten van Withrow en Withrow (1949), die vonden dat lichtsterktes van 43 lux (4 footcandle) schade kunnen veroorzaken wanneer daarmee de daglichtperiode wordt verlengd van 15 tot 24 uur. Opmerkelijk is dat een periode met verlaagde temperatuur bladschade als gevolg van een te lange lichtperiode kan verminderen en soms zelfs helemaal voorkomen (Withrow en Withrow, 1949).

Bij lange belichting met assimilatiebelichting treedt een versnelde bladveroudering op en ontstaan bladafwijkingen: veel grotere bladeren, blaadjes knikken op en in het verlengde van de hoofdnerf. Hierdoor wordt de hoek waaronder licht het blad bereikt minder goed. Wanneer tomaten worden opgekweekt met assimilatiebelichting kan schade ontstaan wanneer dan zestien uur per dag wordt belicht. De schade uit zich in groeireductie, verlating van bloei en soms chlorose. Arthur et al ontdekten al in 1930 dat tomatplanten die 24 uur per dag worden belicht bladschade gaan vertonen en uiteindelijk doodgaan. Highkin en Hanson (1954) ontdekten dat vergelijkbare effecten werden veroorzaakt door licht/donker ritmes van zes uur licht en zes uur donker of 24 uur licht en 24 uur donker, terwijl twaalf uur licht en twaalf uur donker geen schade veroorzaakte. Hillman (1956) vond dat licht/donker ritmes van 26-4, 20-4, en 16-4 uur geen schade veroorzaakten, terwijl licht-donker ritmes van 14, 12, 11, 8, 6, 4 uur licht afgewisseld met 4 uur donker dit wel deden. De zich ontwikkelende bladeren bleken het meest gevoelig. De lengte van de licht/donkercyclus lijkt dus meer bepalend voor de groei en ontwikkeling dan de verhouding tussen de duur van de licht- en donkerperiode. Eenzelfde effect werd gevonden bij temperatuurwisselingen in continu (kunst) licht. Tomaat (cv. Ailsa Graig) bleek bij continu belichten minder afwijkingen te vertonen bij lage temperatuur dan bij hoge temperatuur, bij hoge luchtvochtigheid dan bij lage luchtvochtigheid. De symptomen van de schade die door te lang belichten werden veroorzaakt leken op die veroorzaakt door watertekort. EC- verhoging versterkte het effect van lang belichten (Kristoffersen, 1963).

De schade door continue belichting kan worden voorkomen wanneer tijdens de belichting dagelijks een periode met een lagere temperatuur werd aangehouden (Hillman, 1956). Vreemd genoeg blijken tomaten in gebieden rond de poolcirkel waar gedurende een bepaalde tijd geen donkerperiode is, toch te kunnen groeien (misschien als gevolg van dagelijks temperatuurverloop). Bij lange belichting met kunstlicht (TL), in het algemeen langer dan 16-18 uur, ontstaan bij jonge tomatplanten gele bladvlekken (Germing, 1963).

Tomatplanten die worden geteeld in een kas grenzend aan een kas met assimilatiebelichting kunnen op dat licht reageren met groeivermindering, omhoog trekken en geelworden van bladeren en het niet goed openkomen van bloemetjes (Nederhoff, 1988).

Bij onderzoek op het Proefstation in Aalsmeer naar het effect van verschillende belichtingsduur (12, 16 en 20 uur) met assimilatiebelichting bij gelijkblijvende daglichtsom op groei en ontwikkeling van o.a. tomaten, bleek de versnelde bladveroudering bij de langste daglengte pas op te treden op het moment dat de afrijping van de vruchten begon. Bij langere belichting vond dit eerder plaats.

Onder lichtarme omstandigheden neemt het aantal steektrossen toe. In combinatie met assimilatiebelichting worden deze trossen langer, en tegelijkertijd de kans op knikken groter, omdat per tros meer bloemen worden aangelegd.

Wanneer de donkerperiode bij teelt van tomaten met assimilatiebelichting korter wordt dan vier uur, ontstaat geelverkleuring van de bladeren en groeiremming (Klapwijk, 1986). Bij de genotypes 'Heinz 1350', 'Neclecta-1' en 'Yellow-green-5' is onderzoek gedaan naar verschillen tussen planten opgekweekt onder natuurlijk licht en onder natuurlijk licht met SON-T-belichting. Bij de planten die met SON-T belicht waren ontwikkelden zich symptomen die leken op Ca-, Mg- en P- deficiëntie. Ethyleen produktie werd verhoogd door de belichting (Barker et al, 1989).

5 LITERATUUR

- Anonymus, 1991. Periodiek verslag bloemisterijteam Westland en de Kring. nov/dec 12p
- Anonymus, 1991b. Begonia. Even noteren. Vakblad voor de Bloemisterij **35**: 32.
- Anonymus, 1992. Potplanten in Onderzoekvaria. Vakblad voor de Bloemisterij **8**, 61.
- Allard, H.A., Garner, W.W. 1941. Responses of some plants to equal and unequal ratios of light and darkness in cycles ranging from 1 hour to 73 hours. J. Agric. Res. **63**: 305-330.
- Armitage, A.M., Carlson, W.H., Flore, J.A. 1981. The effect of temperature and quantum flux density on the morphology, physiology and flowering of hybrid *Geraniums*. J. Amer. Soc. Hort. Sci. **106**(5):643-647
- Arthur, J.M., Guthrie, J.D., J.M. Newell. 1930. Some effects of artificial climates on the growth and chemical composition of plants. Amer. Jour. Bot. **17**: 416-482.
- Arthur, J.M., 1936. Plant growth in continuous illumination. In: Duggar, B.M. (ed). Biological effects of radiation **2**:715-725. McGraw-Hill Book Co., N.Y.
- Arthur, J.M., Guthrie, J.D., Newell, J.M. 1930. Some effects of artificial climates on the growth and chemical composition of plants. Amer. Jour. Bot. **17**: 416-482
- Bakker, J.A en Blacqui re T. 1992. Effecten van gesimuleerd buurmanlicht. Proefstation voor de Bloemisterij in Nederland. Rapport 143. 35p
- Bakker, J.A., Blacqui re T., De Hoog J. 1994. Effect van belichtingsregime en verrood licht op groei en ontwikkeling van stekken van roos Frisco 'Korflapei' en Madelon 'Ruimeva' en planten van Eustoma 'Fuji donker blauw'. Rapport 197 Proefstation voor de Bloemisterij ISSN 0921-710X. 30p
- Balemans, L., Dugardin, C. 1991. Assimilatiebelichting bij Cordyline. Verbondsnieuws **17**:10210-1023
- Barker, A.V., Corey, K.E., Craker, L.E. 1989. Nutritional stresses in tomato genotypes grown under highpressure sodium vapor lamps. Hortscience **24**(2):255-258.
- Berghoef, J. Farr, D.J., Zevenbergen, A.P. 1991. Belichtingsonderzoek freesia (1 en 2). Vakblad voor de Bloemisterij **41**: 42-45
- Benninga, J. Uitermark, K. 1991. Geen samenhang licht en opbrengst; Bedrijfsvergelijkend onderzoek Ficus (3) licht, watergeefstelsel en uitgangsmateriaal. Vakblad voor de Bloemisterij **41**: 48-49.
- Bettin, A., Ludolph, D. 1988. Protokoll der Informationstagung Assimilationslicht von Zierpflanzen 15.09.1988 in der LVG Hannover-Ahlem.
- Bierhuizen, J.F., Bierhuizen, J.M., Martakis, G.F.P. 1984. The effect of Light and CO₂ on photosynthesis of various pot plants. Gartenbauwissenschaft, **49**: (5/6) 251-257.
- Biesheuvel, C. 1989. Stand van zaken. Vakblad voor de Bloemisterij **37**: 24.
- Blacqui re, Tj. 1989. Fysiologische aspecten: meer dan produktieverhoging. Vakblad voor de Bloemisterij **37**: 25
- Blacqui re, Tj. 1991. Schade moeilijk aantoonbaar (3), buurmanlicht leidt tot claims. Vakblad voor de Bloemisterij **33**: 40-41.
- Calvert, A., 1959. Effects of the early environment on the development of flowering in tomato. Light and temperature interactions. J. Hortic. Sci. **36**:154-162
- Cockshull, K.E. 1987. *Gerbera*. In: Handbook of flowering. Halevy, A.H. (ed), CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida Vol **3**: 43-47
- Cockshull, K.E. 1966; Effects of nightbreak treatment on leaf area and leaf dry weight in *Callistephus chinensis*. Ann. Bot. **30** 781-806.
- De Beer, C. 1992. Belichtingsduur bij Nephrolepis, Dieffenbachia en Begonia. Onderzoekvaria. Vakblad voor de Bloemisterij **12**:61
- Darlington, A.B., Dixon, M.A. Tsujita, M.J. 1992. The influence of humidity control on the production of greenhouse roses (*Rosa hybrida*). Scientia Horticulturae, **49**: 291-303
- De Koning, J. 1992, Tussenrapportage NOVEMproject nr 5293. Voorspelling van de gewasgroei in relatie tot assimilatiebelichting.
- Doorduyn, J.C., 1991. Aanvullende belichting bij freesia 'Blue Heaven' in de winter (1989/1990). Intern verslag nr. 7 Proefstation voor Tuinbouw onder Glas te Naaldwijk. 25p.

- Doorduyn O, J.C., Millenaar, F.F. 1991. Effect van aanvullend, 16 en 24 uur belichten bij twee gewasstadia op de produktie, kwaliteit en vaasleven bij freesia 'Blue Heaven'. P.T.G. Naaldwijk. Intern verslag nr 14.
- Hagen, P., Moe, R. 1981. Effect of temperature and light on lateral branching in poinsettia (*Euphorbia pulcherrima*) Acta Hort. **128**:47-54.
- Germing, G.H. 1963. Opkweek en resultaten van kunstmatig belichte tomateplanten. Proefschrift LUW. 62.
- Gilbertson-Ferris T.L. 1985. *Freesia x Hybrida* In: Halevy, A.H. (ed), Handbook of flowering. Vol **3** p.35-37, CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida.
- Gilbertson-Ferris, T.L., Wilkins, H.F. 1978. Flowerproduction of *Freesia hybrida* seedlings under night interruption lighting and short day influence. J.Amer.Soc.HortSci. **102**:587
- Gislerød, H.R., Eidstein, I.M., Mortensen, L.M. 1989. The interaction of daily lighting period and light intensity on growth of some greenhouse plants. Scientia Horticulturae **38**, 295-304.
- Grimstad, S.O. 1990. Winterproduction of greenhouse cucumbers. Effects of supplementary lighting, CO₂ enrichment and EC level. Norsk landbruksforskning **5**: 167-173.
- Harkess, R.L., Hanan, J.J. 1988. Colorado Greenhouse Growers Assoc. Res. Bull. **460**:1-3
- Hendriks, L. Ludolph, D. 1991. Gartenbau und Gartenwissenschaft **26**: 1268-1271
- Healy W.H. and Wilkins H.F., 1980. The effect of light quality on 'bottom-breaks' in roses. Roses Inc. Bull. Nov. 71-2.
- Hillman, W.S. 1956. Injury of tomato plants by continuous light and unfavorable photoperiodic cycles. American journal of Botany **43**: 89-96.
- Highkin, H.R., Hanson, J.B.. 1954. Possible interaction between light-dark cycles and endogenous daily rhythms on the growth of tomato plants. Plant Physiol **29**: 301-302.
- Hurd, R. G. 1973; Long-day effects on growth and flower initiation of tomato plants in low light. Ann. Appl. Biol. **73**, 221-228
- Hussey, G. 1963. Growth and development in the young tomato. The effect of temperature and light intensity on growth of the shoot apex and leaf primordia. J. Exp. Bot. **14**:316-325
- Khayat, E., Zieslin, N. 1982. Environmental factors involved in the regulation of sprouting of basal buds in rose plants. Journal of experimental botany. **33**: no 137 1286-1292.
- Kinet, J.M. 1977. Effect of light conditions on the development of the inflorescence in tomato. Sci. Hortic., **6**:15-26
- Klapwijk, D. 1986. Kunstlicht in de kas. Informatiereeks No. **90** (Licht in de kas, PTG Naaldwijk): 67-69.
- Kristoffersen, T. 1963. Interactions of photoperiod and temperature in growth and development of young tomato plants (*Lycopersicon esculentum* Mill). Earhart palet research laboratory, California. Institute of technology, Pasadena, California. Physiologia Plantarum supplementum. Lund 1963.
- Kristiansen, K. 1986. Gartner Tidende **4**: 106-107.
- Ludolph D., 1990. Licht an für Hibiscus. Deutscher Gartenbau **19**:1266.
- Menard, C., Dancereau, B. Influence of fotosynthetic photon flux density and planting scheme on growth and development of cultivar 'Royalty' roses. Scientia Horticulturae, **50**: 197-207
- Moe, R. 1972. Effect of daylength, light intensity and temperature on growth and flowering in roses. J. Amer. Soc. Hort. Sci. **96**(6): 796-800.
- Moe, R. 1987. Supplementary lighting for greenhouse crops.- Basis effects on photosynthesis and growth. Notitie voor de Ahlemer Assimilations Lichttag. Report No. 357. Department of Horticulture, Agricultural University of Norway. 27p
- Moe, R., Fjeld, T., Mortensen, L.M. 1992. Stem elongation and keeping quality in poinsettia (*Euphorbia pulcherrima* Willd.) as affected by temperature and supplementary lighting. Scientia Hortic., **50**: 127-136.
- Mortensen, L.M., Gislerød, H.R., Mikkelsen, H. 1992. Maximizing the yield of greenhouse roses with respect to artificial lighting. Norwegian journal of Agricultural sciences **6**: 27-34.
- Mortensen, L., Grimstad, O., 1990. The effect of lighting period and photon flux density on growth of six foliage plants. Scientia Horticulturae **41**: 337-342.
- Nederhoff, E., Swaan, M. 1987. Uiteenlopende resultaten bij assimilatiebelichting. Produktie en omzet in praktijkproef. Vakblad voor de Bloemisterij **15**:51-53

- Nederhoff, E., 1988. Schermen sluit schade buurman buiten. Vakblad voor de Bloemisterij 10 (1988):54.
- Oprel, L., Vogelezang, J.V.M., Egberink, A. 1989. Lichtbehoefte via enquête geïnventariseerd. Vakblad voor de Bloemisterij 37: 28-30.
- Ploeger, C., 1989. Vakblad voor de Bloemisterij (1989) 42: 62,63.
- Slootweg, G. 1992. Onderzoekvaria: Waterbalans belichte en niet belichte roos. Vakblad voor de Bloemisterij 12: 61.
- Slootweg, G. en Van Meeteren, U. 1990. Waterbalans van belichte en niet belichte rozen. Proefverslag 3308-1. PBN Aalsmeer
- Ter Hell, B., Ludolph, D., Hendriks, L. 1992. Ficus benjamina: Kürzere Kultur und bessere Qualitäten mit Hilfe von Assimilationslicht. Gartenbau 5:32-34.
- Verdegaaal, J. 1992. Assimilatiebelichting. Verschil van dag en nacht per gewas. Vakblad voor de Bloemisterij 41: 31-35
- Van der Hoeven, A.P., Van Elk, F., Van Steekelenburg I. 1989. Effecten van assimilatiebelichting bij chrysant in de winter. Belichte planten groeien vooral de eerste weken sneller. Vakblad voor de Bloemisterij 33: 44-47.
- Van der Hoeven, A.P., Van Elk, F., Van Steekelenburg I. 1989a. Effecten van assimilatiebelichting bij chrysant in de winter. Cassa reageert meest positief. Vakblad voor de Bloemisterij 34: 40-43.
- Van der Hoeven, A.P., Van Elk, F., Van Steekelenburg I. 1989b. Effecten van assimilatiebelichting bij chrysant in de winter. Cassa reageert meest positief. Vakblad voor de Bloemisterij 34: 52,53.
- Van 't Klooster, C.J.J., 1988. Assimilatiebelichting beïnvloedt bloei en kwaliteit. Hogere winter- en lagere voorjaarsproductie gerbera. Vakblad voor de Bloemisterij 1989 32: 50-51.
- Van Leeuwen G., Haghuis, P.N.D.; 1990 Jaarverslag Bloemisterij en Groenteteelt 1990. Proeftuin Noord-Nederland.
- Van Os, P.C. Van Mourik, N.M. 1991. Assimilatiebelichting en lagere temperatuur voorkomen knopval. Vakblad voor de Bloemisterij 24: 58-59.
- Van Os, P.C., De Koster, R. 1989. Assimilatiebelichting bevordert prestatie van Gerbera. Vakblad voor de Bloemisterij (1989) 41, 68,69.
- Verberkt, H. 1988. Effect van assimilatiebelichting in de winter het grootst. Vakblad voor de Bloemisterij. 33: 46, 47-49.
- Verberkt, H. 1989. Belichten leidt tot teeltversnelling bij *Schefflera* en *Ficus*. Vakblad voor de bloemisterij 37: 31-33.
- Verberkt, H. 1990. Onderzoek bij bonte planten. Uiteenlopend effect van assimilatiebelichting en tabletverwarming. Vakblad voor de Bloemisterij 34: 39-41.
- Verberkt, H. Belichtingsduur beïnvloedt groei en kwaliteit van potplanten. Vakblad voor de Bloemisterij 35: 54-59
- Wawra, A. 1992. Im zeichen der Snittrose. Kulturhinweise vom Straelener Snittblumentag. Deutscher Gartenbau 2: 62-66.
- Withrow, A.P., Withrow, R.B., 1949. Photoperiodic chlorosis in tomato. Plant Physiol. 4: 347-362.
- Zieslin, N., Mor, Y. 1990. Ligth on roses a review. Scientia Horticulturae, 43: 1-14
- Zieslin, N., Mor, Y., 1981. Plant management of greenhouse roses lateral bud removal. Scientia Horticulturae 14: 387-393.
- Zieslin, N., Mor, Y., 1981. Plant management of greenhouse roses formation of renewal canes. Sientia Horticulturae: 15: 67-75.

IV Effecten van belichting met HPI-T en SON-T bij roos

T. Blacquièrè & J. A. Bakker

IV EFFECTEN VAN BELICHTING MET HPI-T EN SON-T BIJ ROOS 'SONIA' EN 'FRISCO'

1. INLEIDING

Assimilatiebelichting wordt toegepast om de hoeveelheid groeilicht voor de planten te verhogen, en met name in de donkerste maanden van het jaar kan de bijdrage die door de lampen wordt geleverd aanzienlijk zijn (Bakker en Blacqui re, 1995). Met het gebruik van assimilatiebelichting verandert behalve de hoeveelheid licht ook tegelijkertijd het lichtspectrum. Wanneer wordt bijbelicht overdag valt die verandering nog wel mee, maar de belichting wordt ook tijdens de natuurlijke donkerperiode ingezet om voldoende licht te kunnen geven en de installatie rendabel te maken (Van Rijssel, 1995). Zonlicht bevat wanneer het op de aarde terecht komt een klein aandeel ultra-violet (waarvan nauwelijks iets doordringt in de kas doordat het glas UV absorbeert) en verder ongeveer gelijke delen blauw, groen, geel-oranje, rood en verrood licht. Van dit licht kan alles vanaf blauw tot en met rood voor fotosynthese worden gebruikt (zie Bakker en Blacqui re, 1995; deel I). Als signaal, informatie uit de omgeving zijn daarnaast UV-A, blauw, en rood en verrood belangrijk. Opmerkelijk aan hogedruknatriumlampen is het vrijwel ontbreken van UV-A en blauw, alsmede dat van verrood. Ook groen ontbreekt, maar dat is niet zo essentieel; planten 'zien' hun groene buurplanten niet doordat het groene licht toeneemt, maar doordat het gereflecteerde licht veel minder rood bevat.

Met name het ontbreken van blauw wordt als een mogelijk gemis gezien, en in sommige fytotrons werden om die reden combinaties van hogedruknatriumlampen en metaalhalide lampen (bijv. hogedrukwikjodidelampen) aangebracht, alhoewel de verschillen in groei van planten bij deze twee lamptypen meestal nihil waren (zie voor overzicht literatuur: Maas, 1989). Helemaal zonder blauw bleek het wel mis te gaan; teelt met lagedruknatriumlampen van sla gaf een volledig abnormale ontwikkeling van de planten, tenzij blauw licht werd toegevoegd (Thomas & Dickinson, 1979). Op het gebrek aan blauw werd ook door een fabrikant ingespeeld met de ontwikkeling van de SON-T-agro met iets meer blauw (nog steeds erg weinig).

Ook verrood is een component van het licht waarop planten reageren, en die ontbreekt in assimilatielampen. Sommige reacties op verrood kunnen echter best gemist worden bij de teelt van veel planten. En enkele responsen op de verrood component van het licht kunnen, bij gebrek aan verrood overdag, ook worden opgeroepen door een korte belichting met verrood aan het einde van de dag (Smith, 1994).

Om de rol van het blauwe en verrode licht in de assimilatiebelichting bij de groei van roos te bepalen zijn 'Sonia' en 'Frisco' geteeld met assimilatiebelichting met SON-T en HPI-T lampen, met en zonder nabelichting met verrood. Naast groei en produktie werd vooral gelet op kwalitatieve eigenschappen van de plant.

In een afzonderlijk experiment werden waarnemingen gedaan aan de verdamping en houdbaarheid van belichte rozen op de vaas.

2. MATERIAAL EN METHODEN

Het experiment werd uitgevoerd in zes kasafdelingen van 120 m², twee voorzien van 12 stuks 400W SON-T, twee voorzien van 12 stuks 400W HPI-T lampen, in diepstralende armaturen, en twee afdelingen zonder assimilatiebelichting. Boven enkele rijen planten in een afdeling met SON-T en een met HPI-T werd een streng gloeilampen opgehangen. De lampen werden omwikkeld met een oranje en een blauw cinemoid filter, zodat alleen verrood licht werd doorgelaten (spectrum in de bijlage van deel IV). De belichting met assimilatielampen werd gegeven van 02.00 uur tot 22.00 uur, dus met een donkerperiode van 4 uur tussen 22.00 en 02.00 uur. De verrood nabelichting werd gegeven van 22.00 tot 22.30 uur. De belichtingen startten op 9 september 1990 en duurden tot 30 april 1991.

De planten werden geteeld in twaalf-liter-containers met een gangbaar praktijk-potgrondmengsel, en via druppelaars voorzien van voedingsoplossing. De temperatuurinstellingen in de kas waren 20/18 °C dag/nacht.

Waarnemingen

De productiegegevens van de rozenplanten werden bijgehouden gedurende de proef. Van oogstbare takken werd de lengte en het vers- en drooggewicht bepaald bij oogst (snijrijp stadium), alsmede de bladoppervlakte (steekproefsgewijs). De ontwikkelingssnelheid van bloemtakken werd geregistreerd (tijd vanaf uitlopen tot bloei).

Enkele malen werden ter bepaling van de oplosbaar eiwitgehaltes en gehalten aan koolhydraten 's ochtends om 8.30 uur bladeren geoogst en ingevroren (vloeibare stikstof). Standaard werd hiervoor het tweede vijfblad van boven genomen van bloemtakken met de bloemknop in stadium 2. De bepalingen werden gedaan aan mengmonsters van vier bladeren, en van iedere behandeling werden acht monsters genomen (dus acht maal vier planten bemonsterd per behandeling).

Op 30 en 31 oktober en op 27 en 28 november 1990 werd in de kas tijdens de dag en de nacht de openingstoestand van de huidmondjes bepaald van de topblaadjes van het bovenste vijfblad van oogstrijpe rozentakken. Dit werd gedaan met een draagbare steady state porometer van ADC. Ook werden, op 12 december, belichte en onbelichte takken geoogst, op vaas gezet in continu donker gedurende drie etmalen. Ook van deze bladeren werd de stomataire weerstand gemeten met de porometer.

Vaasleven van belichte rozen

Uit de belichtingsproef op de ROC's te Horst en Klazienaveen werden rozen van het ras 'Madelon' betrokken voor waarnemingen aan het vaasleven, de verdamping op de vaas en het effect van het suikergehalte in het vaaswater op de verdamping en het optreden van bladschade (verdroging van het blad).

Eiwit en koolhydratenbepalingen

De bepalingen werden uitgevoerd op het CABO-DLO te Wageningen. De eiwitbepaling volgens Bradford (Voorschriften CABO juli 1990), en de niet structurele koolhydraten (hexoses, glucose, sucrose en zetmeel) met behulp van een enzymatische methode (Voorschriften CABO-juli 1990).

3. RESULTATEN

De vergelijking tussen SON-T en HPI-T lampen leverde moeilijkheden op doordat de HPI-T-lampen veel minder licht gaven dan de SON-T-lampen. Bij het ophangen van de lampen was rekening gehouden met een 17% lagere lichtopbrengst van HPI-T-lampen, in werkelijkheid bleek dit 40% lager te zijn. Bij de SON-T lampen was tijdens de proef geen achteruitgang van de lichtopbrengst waarneembaar, bij de HPI-T nam deze tijdens de proef met 9% af. Het realiseren van een gelijk lichtniveau bij de twee lamptypen was hierdoor niet mogelijk. De productieresultaten kunnen daardoor slechts als volgt worden samengevat:

Door assimilatiebelichting was de productie hoger, en was ook de ontwikkelingssnelheid van de bloemtakken hoger. De takken waren bovendien zwaarder (vers- en drooggewicht). Ook werd het aantal pluizen sterk vergroot. Verschillen tussen de twee typen lampen konden niet worden aangetoond, voor zover ze aanwezig waren hielden ze waarschijnlijk vooral verband met de verschillen in lichtniveau.

Eiwit- en koolhydraatgehaltes

Van bladeren van 'Sonia' geoogst op 11 januari leek een tendens te bestaan naar een lager eiwitgehalte bij SON-T-belichte planten, het eiwitgehalte van HPI-T-belichte planten week niet af van dat van de onbelichte planten (tabel 1).

De koolhydraatgehaltes waren lager in onbelichte bladeren dan belichte, dit gold zowel voor de hexoses (C_6 -suikers), waaronder glucose, als voor de disaccharide sucrose en de polysaccharide zetmeel (tabel 1). Met name zetmeel toonde een groot verschil in koolhydraatpoolgrootte tussen de behandelingen; nihil in de controle, en veel hoger met SON-T dan HPI-T.

Van bladeren geoogst op 26 februari werden alleen in het zetmeelgehalte kleine verschillen waargenomen (tabel 2). De bladeren waren geoogst van herkomsten met een verschillend belichtingsniveau in de kas, 22, 36 en 62 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$. De gehalten waren lager dan in januari, en er was geen verschil aantoonbaar tussen de twee lamptypen.

Tabel 1. Eiwit- en koolhydratengehaltes in het tweede vijfblad van boven van oogstrijpe takken van 'Sonia', geteeld met en zonder assimilatiebelichting (SON-T en HPI-T), geoogst op 11 januari 1991. Het zetmeelgehalte is uitgedrukt in $\mu\text{mol glucose g}^{-1}$ droge stof.

Licht	eiwit	hexoses	glucose	sucrose	zetmeel
	mg/g dw	$\mu\text{mol / g droge stof}$			
daglicht	10.5 ± 4.0	46 ± 15	6 ± 3	117 ± 11	1 ± 1
daglicht + HPI-T	10.5 ± 2.8	74 ± 28	19 ± 13	167 ± 13	48 ± 29
daglicht + SON-T	7.4 ± 1.4	76 ± 17	19 ± 8	184 ± 14	168 ± 35

Tabel 2. Zetmeelgehalten uitgedrukt in $\mu\text{mol glucose g}^{-1}$ droge stof in het tweede vijfblad van boven van oogstrijpe takken van 'Sonia', geoogst op 26 februari 1991.

lichtniveau	22 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$	36 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$	62 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$
lamptype			
HPI-T	31 ± 10	23 ± 12	--
SON-T	--	13 ± 6	40 ± 14

Bladoppervlakte, vers- en drooggewicht, SLA, drogestofpercentages

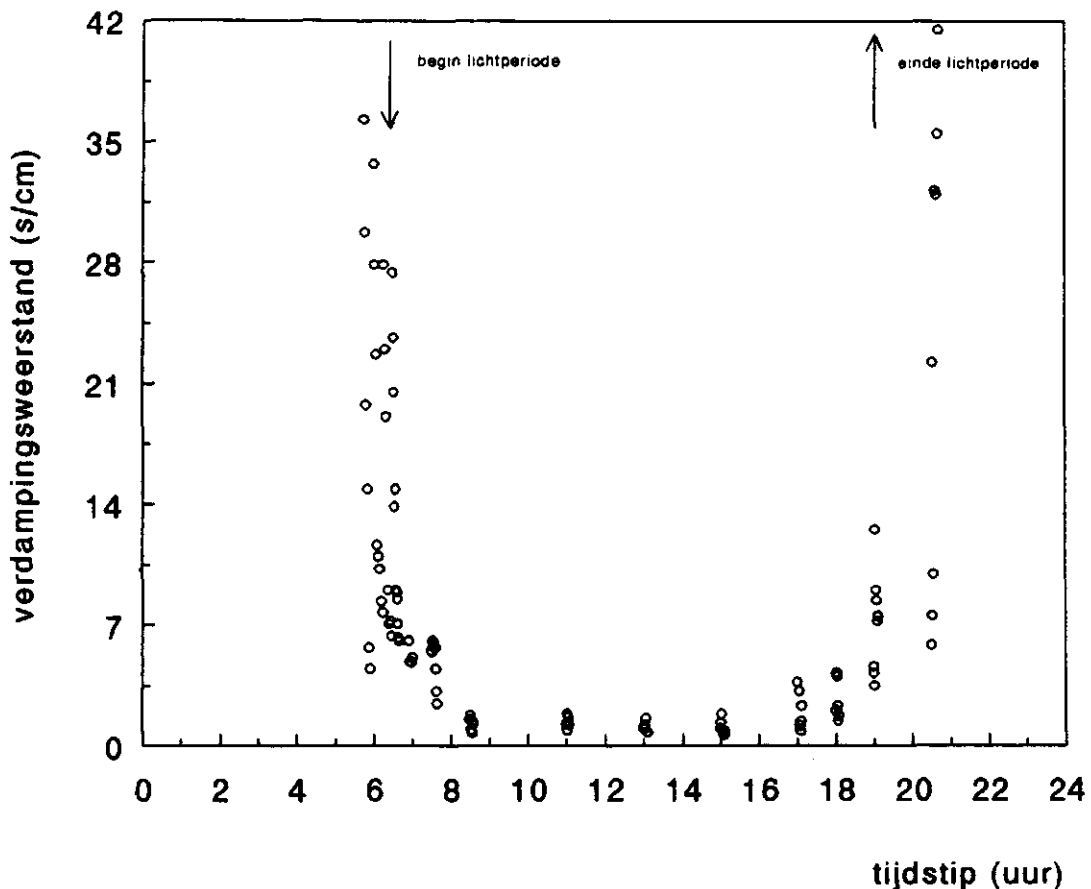
Van takken geoogst op 13 mei bleek de bladoppervlakte wat groter bij belichte planten, evenals het vers- en drooggewicht. Een verrood nabelichting leek dat effect weer te verminderen. Een vijfblad varieerde in grootte van 82 tot 108 cm^2 bij 'Sonia', de SLA varieerde tussen 156 en 181 $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$ (droge stof). Het drogestofpercentage was onveranderd 31%. Bij 'Frisco' varieerde de oppervlakte van een vijfblad tussen 92 en 104 cm^2 , de SLA van 162 tot 180 $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$, en was het drogestofpercentage 28%.

Dag/nachtritmes in openingstoestand van huidmondjes

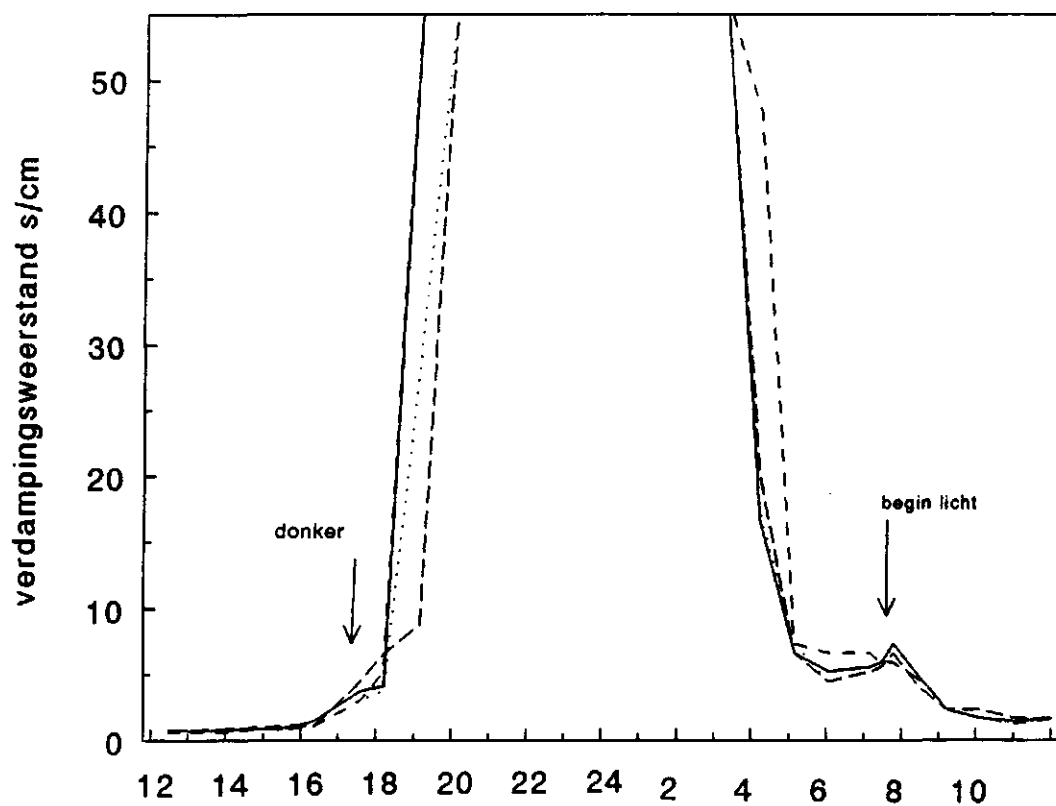
De huidmondjes of stomata in de opperhuid van bladeren, meestal vooral of alleen aan de onderzijde, dienen voor het binnen laten van CO_2 voor de fotosynthese, maar veroorzaken tegelijkertijd

waterverlies. Wanneer de fotosynthese stopt, bijvoorbeeld 's avonds als het donker wordt, sluiten de huidmondjes. Dat kan goed gemeten worden omdat met het sluiten van de huidmondjes de verdampingsweerstand enorm toeneemt. Figuur 1 toont de verdampingsweerstand van onbelichte 'Sonia'-planten in september 1990. Net iets voor zonsopgang begint de weerstand al iets te dalen, overdag is de weerstand laag, de huidmondjes staan open. Rond zonsondergang begint de weerstand weer snel toe te nemen, en even na zonsondergang wordt hetzelfde niveau als de vorige nacht weer bereikt. Dit is het normale dag/nachtpatroon.

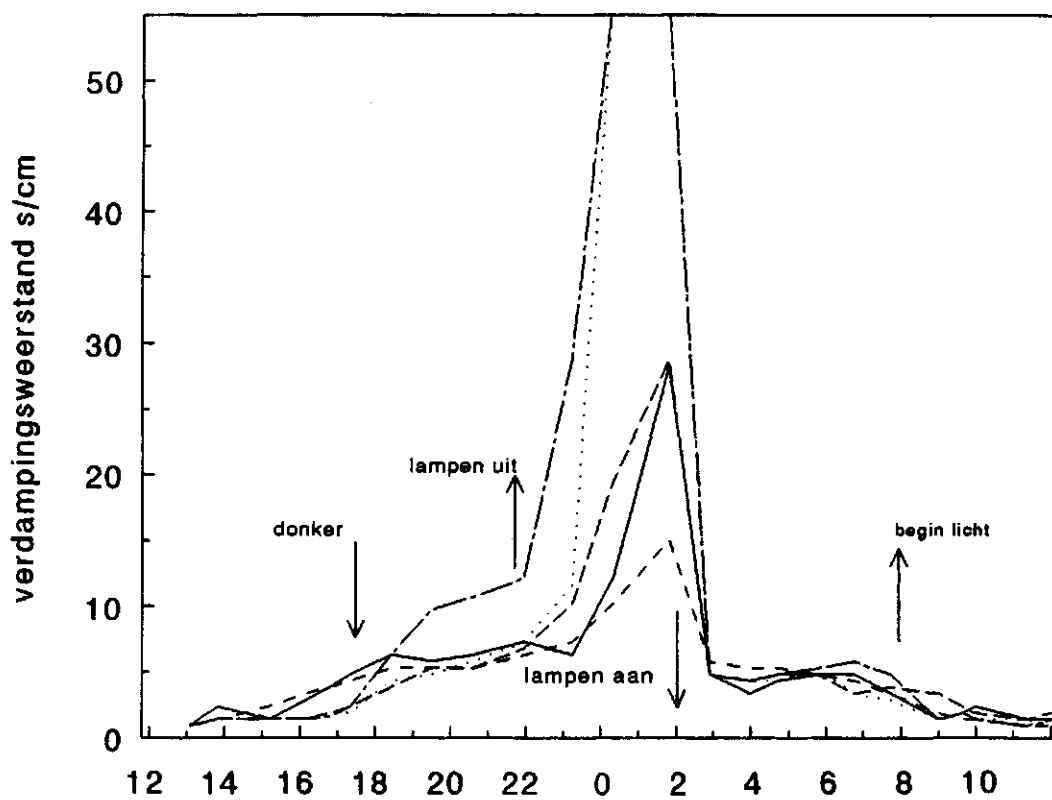
Figuur 2 toont het verloop van de huidmondjesweerstand op 31 oktober 1990, van een aantal individuele planten (afzonderlijke lijnen); ook hier het normale beeld. Wel opmerkelijk is dat 's ochtends vroeg al enkele uren voordat het licht wordt de huidmondjes open gaan. Bij belichte planten (figuur 3) was het beeld anders, en reageerden individuele planten verschillend: sommige vertoonden nog wel de toename van de weerstand 's nachts, maar andere niet of slechts beperkt (let wel, de nacht is voor de belichte planten slechts vier uur lang). Op 27 en 28 november bleef bij de belichte planten (figuur 4) de toename van de weerstand, dus het sluiten van de stomata bijna helemaal achterwege. Deze bladeren verdampden dus in het donker gewoon door. De onbelichte planten vertoonden het normale patroon, als in september en oktober, alleen met een iets langere nacht nu (niet getoond). De respons van met HPI-T belichte bladeren was gelijk aan die van de SON-T belichte.



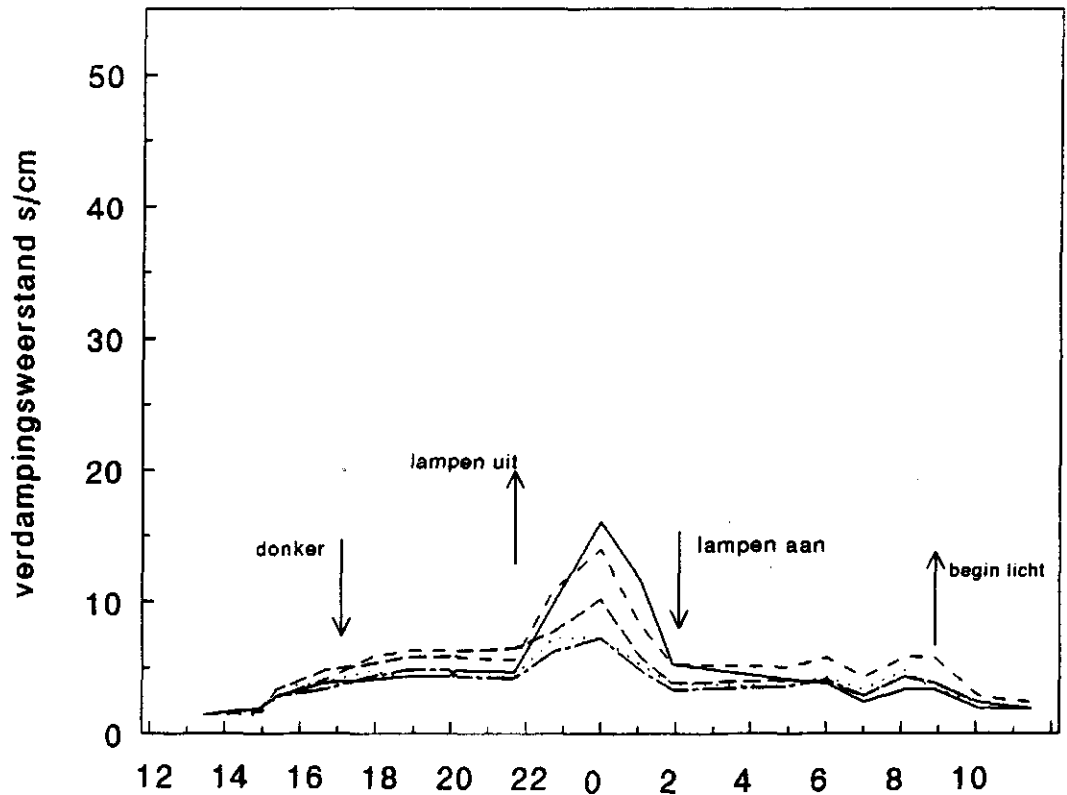
Figuur 1. Verdampingsweerstand van 'Sonia'-bladeren gedurende een etmaal in september 1990.



Figuur 2. Verdampingsweerstand van onbelichte 'Sonia'-bladeren gedurende een etmaal op 31 oktober 1990.



Figuur 3. Verdampingsweerstand van met SON-T belichte 'Sonia'-bladeren gedurende een etmaal op 31 oktober 1990.

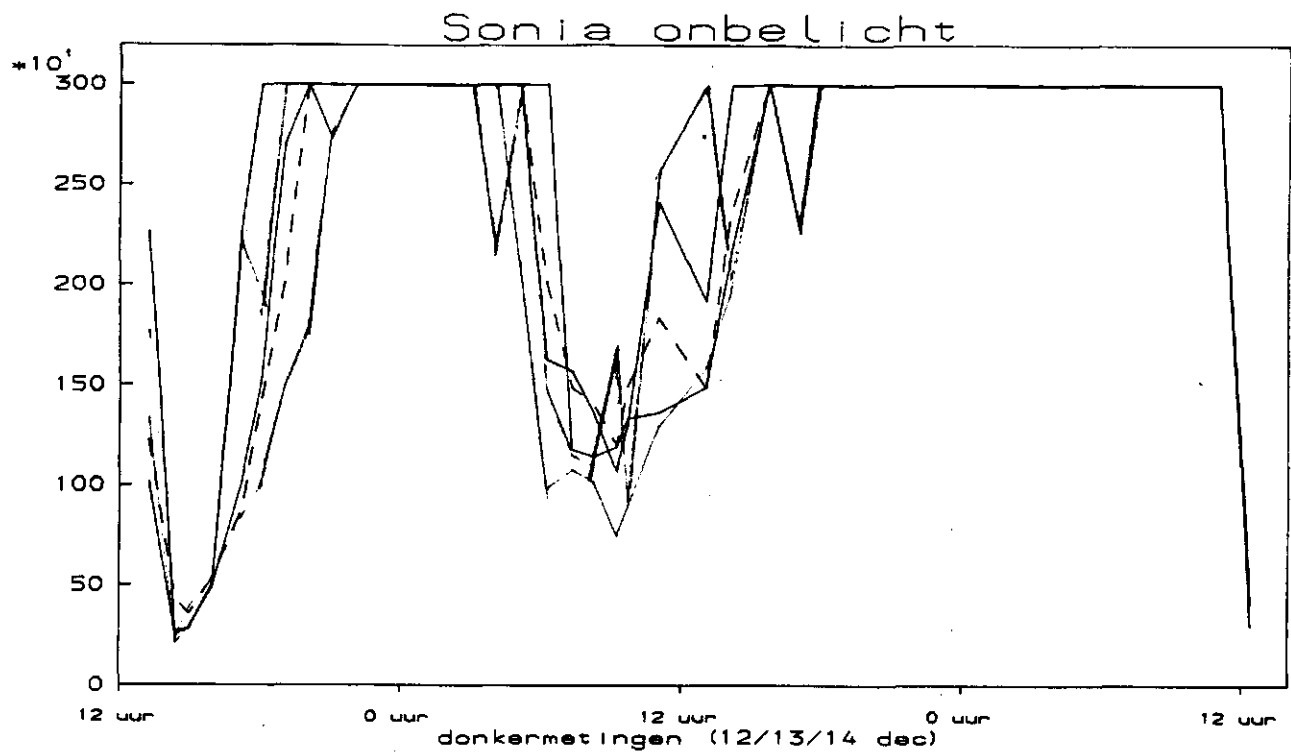


Figuur 4. Verdampingsweerstand van met SON-T belichte 'Sonia'-bladeren gedurende een etmaal op 27 en 28 november 1990.

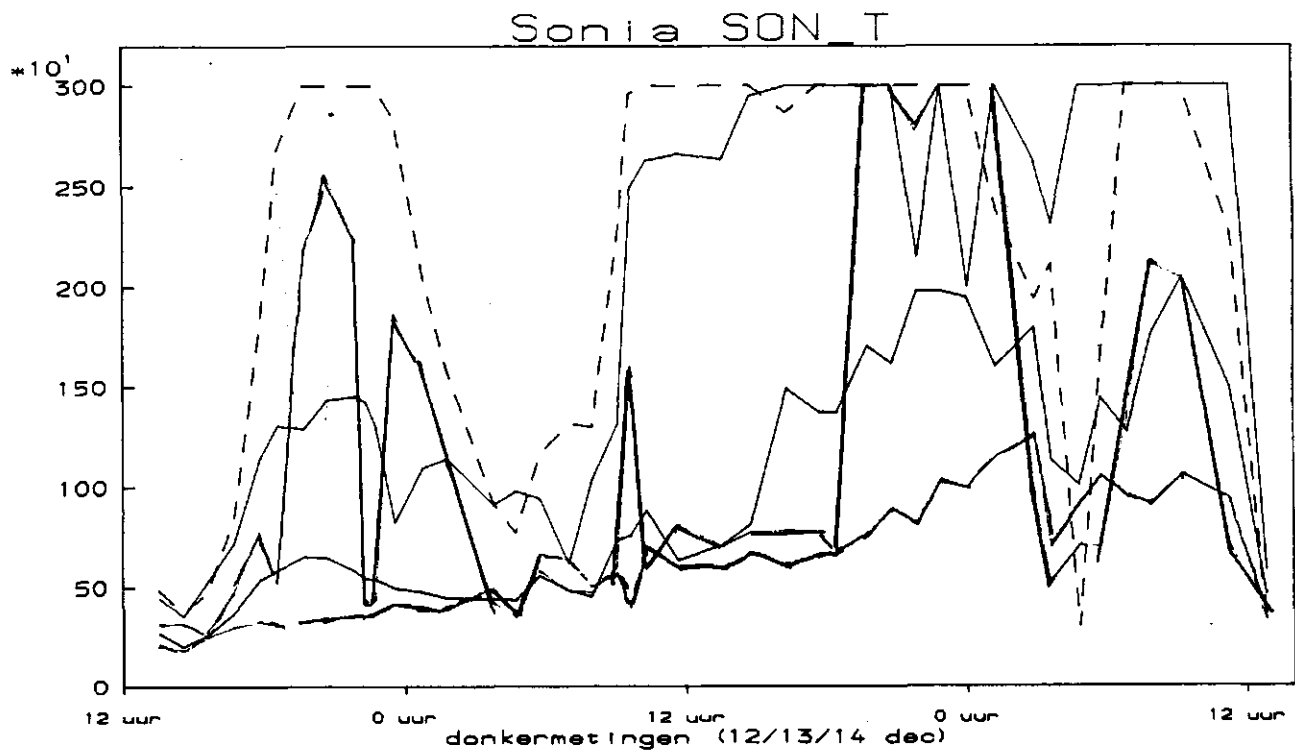
Huidmondjesritmen in continu donker

De huidmondjesopening toont een ritmisch gedrag, alhoewel dat bij de belichte planten lijkt te verdwijnen in november. Veel van dergelijke ritmes in de levende natuur hebben een endogene component, wat betekent dat het ritme doorgaat als de externe prikkel (hier zon-onder en zon-op) wordt weggelaten, bijvoorbeeld door de planten in continu donker of continu zwak licht te zetten. Wel gaat de periode van het ritme dan vaak wat afwijken; de klok wordt niet meer gelijk gezet.

Geoogste takken van 'Sonia' uit de onbelichte kas, op vazen met alleen gedemineraliseerd water, vertoonden in continu donker een openings- en sluitingsritme van de huidmondjes dat sterke overeenkomsten vertoonde met het natuurlijke verloop (figuur 5). Bij het op de vaas zetten waren de stomata even dicht (stress en herstel), ze sloten op het tijdstip van de natuurlijke avond, en openden weer op het moment dat de volgende ochtend 'verwacht' werd. Ook op de derde dag gingen de stomata nog weer open, zij het iets verlaat (pas tegen 12 uur). Bij de met SON-T belichte planten was het beeld heel anders (figuur 6): individuele planten reageerden heel verschillend, en na de eerste verwachte 'nacht-cyclus' was geen consistent ritmisch patroon meer aanwezig.



Figuur 5. Stomataire weerstand van bladeren van onbelichte 'Sonia'-takken, op vazen met demi-water, in continu donker.

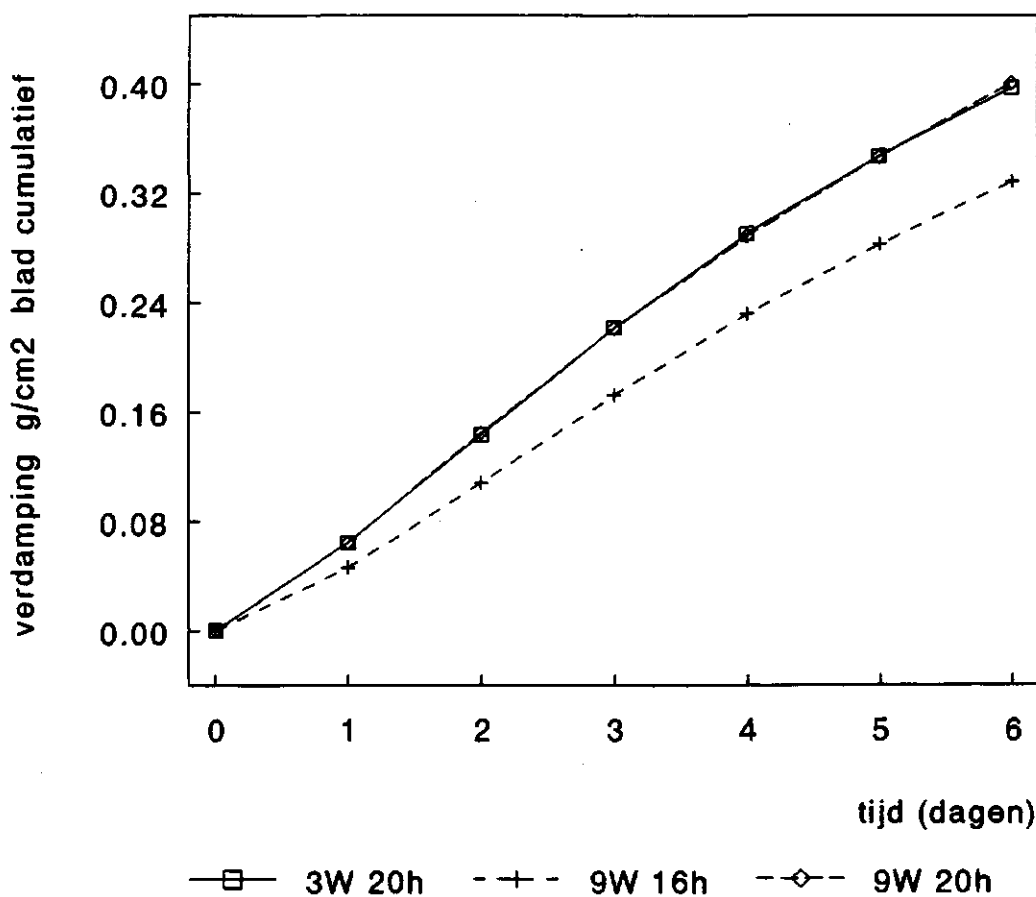


Figuur 6. Stomataire weerstand van bladeren van met SON-T belichte 'Sonia'-takken, op vazen met demi-water, in continu donker.

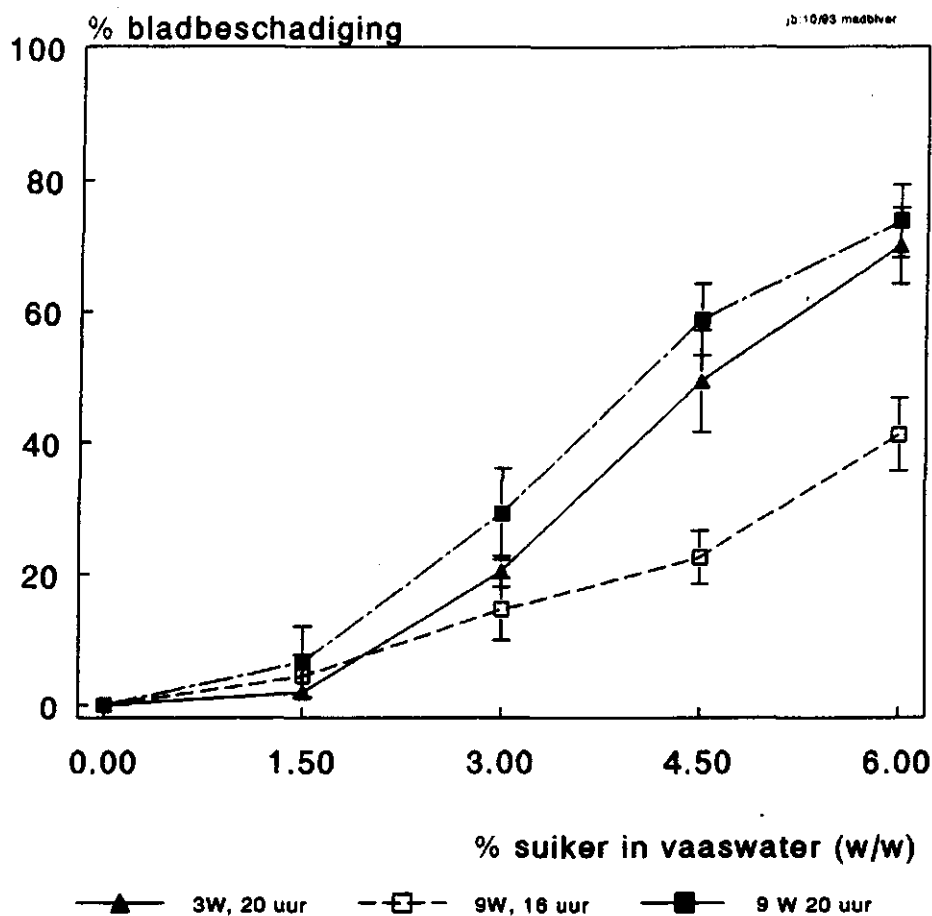
Verdamping van belichte 'Madelon'-rozen op de vaas

De verdamping van geoogste 'Madelon' uit de belichtingsproeven te Horst en Klazienaveen (waarin de planten werden belicht met verschillende niveaus SON-T licht en verschillende belichtingsduren) werd gevolgd gedurende zes dagen (figuur 7). Planten belicht tot een daglengte van 20 uur verdampen meer water dan planten belicht tot een daglengte van 16 uur. Een hoger lichtniveau gaf geen hogere verdamping op de vaas.

Toevoegen van suiker, met oplopende concentraties, aan het vaaswater kan bladschade geven, met name in de winter. Dit gebeurt bijvoorbeeld ook wanneer te royaal chrysal in de vaas wordt gedaan. Figuur 8 toont dat de bladschade toenam met de gebruikte concentraties suiker, maar sneller bij planten die tot 20 uur waren belicht dan bij planten die tot 16 uur waren belicht. Het belichtingsniveau was ook hier veel minder van belang dan de periode.



Figuur 7 Verdamping van 'Madelon'-rozen gedurende zes dagen op vazen met demi-water. De planten waren geteeld met 16 uren 9 W/m², en 20 uren 3 of 9 W/m² SON-T belichting.



Figuur 8. Percentage bladbeschadiging na twee dagen op demi-water met 0 tot 6% suiker. De planten waren geteeld met 16 uren 9 W/m², en 20 uren 3 of 9 W/m² SON-T belichting.

4. DISCUSSIE

De vergelijking tussen HPI-T en SON-T belichting werd erg bemoeilijkt doordat de verschillen in lichtniveau zo groot waren. Er werden echter ook geen effecten van het verschil in blauwlichtaandeel (in de HPI-T ± 20 %, in de SON-T slechts ± 3 %) op kwalitatieve eigenschappen van de planten, zoals taklengte, bladoppervlakte, SLA, enz. aangetroffen. Alhoewel blauw een essentiële component van het licht is voor een normale morfogenese van planten werd hier geen verschil gevonden tussen licht met veel en weinig blauw. Dit wordt waarschijnlijk verklaard doordat de lampen slechts werden gebruikt als bij-belichting, en het natuurlijke zonlicht voldoende blauw bevatte om in de dagelijkse behoefte aan blauw te voorzien. Brown *et al.* (1995) vonden dat peperplanten al bij 3 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ blauw dezelfde habitus gaven als bij metaalhalide-licht met 63 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ blauw. Bij een lichtniveau van 130 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ PPF vonden Maas en Bakx (1995) echter wel verschillen in lengtegroei bij roos 'Mercedes' tussen een behandeling met wit licht (23 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ blauw) en amberkleurig licht (5 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ blauw). De bijdrage van het natuurlijke zonlicht in een Nederlandse kas in december is ongeveer 100 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ PPF, waarvan ± 20 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ blauw.

Ook de effecten van een nabelichting met verrood waren niet groot, terwijl in de literatuur gerapporteerde effecten vaak groot en duidelijk waren (bijv. Brown *et al.* 1995, Maas en Bakx, 1995, Kasperbauer 1971, Smith 1994). Een gedeeltelijke verklaring kan zijn dat veel onderzoek is gedaan met planten in klimaatruimtes, waarin verlichting met TL-buizen werd toegepast, zonder verrood. In die situatie zijn effecten van einde-van-de-dag-verrood meestal erg duidelijk. In de kas ontvangen de

planten de hele dag door verrood licht, op bovengenoemde decemberdag bijvoorbeeld nog zo'n 20 tot 30 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ (700-800 nm golflengte).

De koolhydratengehaltes waren bij onbelichte planten over het algemeen iets lager dan bij de belichte. Alleen bij zetmeel waren de verschillen groot. Dat was ook te verwachten, omdat alleen zetmeel een opslag-koolhydraat is, de andere vormen zijn fysiologisch actief, en de niveaus worden zoveel mogelijk gereguleerd. Het grote verschil tussen belicht en onbelicht komt waarschijnlijk door het moment van oogsten; voor de onbelichte begon de dag toen net, de belichte stonden al ruim zes uur te fotosynthetiseren (belichting gestart om 02.00 uur). Waarom later in het seizoen de zetmeelgehaltes lager waren (tabel 2 ten opzichte van tabel 1) is onduidelijk, misschien is door een sterkere groei de vraag naar assimilaten groter, waardoor het zich minder ophoopte.

Voorzichtig kan uit het bovenstaande worden afgeleid dat het voor een teler aan te raden is te zoeken naar de meest efficiënte lamp, zonder al te veel waarde te hechten aan verhalen over een meerwaarde van bepaalde lamptypen op grond van het ideale op planten toegesneden lampspectrum.

Het openings- en sluitingsgedrag van de huidmondjes van roos, wat normaliter het licht-donkerregime volgt, ging gaandeweg het winterseizoen steeds verder afwijken bij de belichte planten. Dit was niet het normale verstoren van een circadiaan ritme door afwijkende lichtbehandelingen (Mansfield & Snaith, 1984), want dan zou dit ook in september en oktober al hebben moeten optreden. Ook toen was er al een donkerperiode van slechts 4 uur. Dat het ritme bijna verdween in belichte bladeren moet te maken hebben met veranderingen in de bladeren over een langere tijdschaal (verschil oktober-november), of met het veranderen van de verhouding tussen de hoeveelheid kunstlicht en natuurlijk licht.

Een eigenschap van endogene ritmes is dat onder constante omstandigheden, zoals continu donker, het ritme nog enkele cycli (hier etmalen) doorgaat (Mansfield & Snaith, 1984). Dit was ook het geval bij de onbelichte rozen (figuur 5), maar bij de belichte rozen was geen duidelijk ritme meer aanwezig. Misschien is een donkerperiode van vier uur te kort om een donkerfase van het dag/nachtrime mogelijk te maken.

Ook op de vaas bleek duidelijk dat er verschillen zijn tussen de verdamping van belichte en onbelichte rozen, wat verband zal houden met een verschil in openingstoestand van de huidmondjes. Door dit verschil in verdamping ontstond een verschil in gevoeligheid van het blad voor suiker in het vaaswater, waarschijnlijk doordat via de waterstroom meer suiker werd getransporteerd. Mogelijk zou 'snelle suikerschade' als een goede toets kunnen worden ontwikkeld voor het op de veiling screenen van gevoeligheid van het blad ten gevolge van (te) lange belichting. Heel duidelijk bleek namelijk dat de mate van verdamping en suikerschade aan het blad geen verband hield met het niveau van de belichting, maar wel met de belichtingsduur per etmaal.

5. LITERATUUR

- Bakker J A & Blacqui re T 1995. Groei en ontwikkeling onder invloed van licht. Rapport 199 Proefstation voor de Bloemisterij in Nederland. 28 pagina's.
- Brown C S, Schuerger A C & Sager J C 1995. Growth and photomorphogenesis of Pepper plants under red light-emitting diodes with supplemental blue or far-red lighting. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 120, 808-813.
- Kasperbauer M J 1971. Spectral distribution of light in tobacco canopy and effects of end-of-day light quality on growth and development. Plant Physiol. 47, 775-778.
- Maas F M 1989. Plantengroei in kunstlicht. Cabo-verslag 127. CABO Wageningen. 22 pagina's
- Maas F M & Bakx E J 1995. Effects of light on growth and flowering of *Rosa hybrida* 'Mercedes'. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 120, 571-576.
- Mansfield T A & Snaith P J 1984. Circadian rhythms. In: M B Wilkins (ed) Advanced Plant Physiology. Longman Scientific and Technical, Harlow UK. pp. 201-218.
- Rijssel E van, Vogelesang J, Van Leeuwen G & Van de Wiel A 1995. Optimaal belichten. Effecten van assimilatiebelichting op opbrengsten en kosten bij roos. Rapport 8, Proefstation voor Bloemisterij en Glasgroenten. 36 pagina's.
- Smith H 1994. Sensing the environment. In: Photomorphogenesis in plants, 2nd edition, R E Kendrick and G H M Kronenberg (eds). pp 377-416. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Thomas B & Dickinson H G 1979. Evidence for two photoreceptors controlling growth in de-etiolated seedlings. Planta 146, 545-550.

**V Effecten van belichtingsregime en ver-rood nabelichting
bij
roos en Eustoma**

J. A. Bakker, T. Blacquièrre & J. de Hoog jr.

Proefstation voor de Bloemisterij
Linnaeuslaan 2a
1431 JV AALSMEER
Tel. 02977-52525

ISSN 0921-710X

Effect van belichtingsregime en verrood licht
op stekken van roos 'Frisco' en 'Madelon'
en op Eustoma 'Fuji donker blauw'

Rapport 197

Prijs f 10,-

Ir. J.A. Bakker,
Dr. T. Blacquièrè,
Ing. J. de Hoog.

9 februari 1995

Rapport 197 wordt u toegestuurd na storting van f 10,- op girorekening 174855 ten name van Proefstation Aalsmeer onde vermelding van: 'Rapport 197. Effect belichting op roos en Eustoma'.

Voorwoord

In dit verslag worden de resultaten gepresenteerd van onderzoek naar effecten van belichtingsregime met assimilatielicht op de groei en ontwikkeling van *Eustoma grandiflorum* 'Fuji blue' en de rozecultivars Madelon en Frisco. Dit onderzoek is verricht in het kader van het door EBG en NOVEM gefinancierde project 'Kwalitatieve neveneffecten van assimilatiebelichting'.

Voor de teelt van de in dit onderzoek gebruikte planten is het substraat perliet ter beschikking gesteld door Pull Rhenen BV.

Assistentie: Klaas van Dam, Jules van Kerckhoven

Andre van der Weyden, Adri Durieux

Stagiaires: Sander Clemens, Agrarische Hogeschool Delft

Samenvatting Roos

In het kader van het project 'Neveneffecten van assimilatiebelichting' is onderzoek gedaan naar de effecten van belichtingsregime en verrood nabelichting op de scheut- en grondscheutontwikkeling bij de rozecultivars Madelon en Frisco. De variatie in scheutlengte van het uitgangsmateriaal van Madelon was bij alle lichtbehandelingen te correleren met de latere scheutontwikkeling. Vergelijking van de ontwikkeling van scheuten van Frisco en Madelon bij een daglengte van 14, 17 of 20 uur, zonder de hoeveelheid bijgegeven licht ($60 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$, $3 \text{ mol.m}^{-2}.\text{dag}^{-1}$) te veranderen, wees uit dat de bloemontwikkeling en de groeisnelheid van de scheuten door langere daglengtes positief worden beïnvloed. Scheuten ontwikkelden zich bij Madelon sneller tot een bloeiende tak bij een daglengte van 17 of 20 uur dan bij een daglengte van 14 uur. Bij een daglengte van 14 uur werd bij Madelon het hoogste loospercentage gevonden. Bij Frisco werd, misschien door te veel variatie in het uitgangsmateriaal, geen effect van de lichtperiode op het aantal loze scheuten gevonden. Bij beide cultivars was de uiteindelijke taklengte groter bij een langere lichtperiode.

Een verrood nabelichting van 15 minuten ($8 \mu\text{mol fotonen m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ 700-800 nm) had geen effect op vorming van loze scheuten. Bij Madelon was het gewicht van de gevormde scheuten en grondscheuten bij een verrood nabelichting iets groter.

Na het buigen van de planten, om de grondscheutvorming te stimuleren verschenen bij Madelon de grondscheuten het eerst bij een daglengte van 17 en 20 uur, terwijl bij Frisco de grondscheuten het eerst ontstonden bij 14 uur. Frisco vormde onder invloed van een daglengte van 17 of 20 uur meer, langere en zwaardere grondscheuten dan onder een daglengte van 14 uur. Bij Madelon viel op dat bij een lichtperiode van 17 uur het aantal en het totaalgewicht van de grondscheuten groter was dan bij een daglengte van 14 of 20 uur.

Ondanks een gelijke daglichtsom was, in dit onderzoek, de groei en ontwikkeling bij de verschillende lichtperiodes niet gelijk. De gevonden verschillen kunnen niet alleen worden toegeschreven aan verschillen in fotosynthese-efficiëntie tijdens de natuurlijke daglichtperiode omdat bijvoorbeeld bij Madelon bij de daglengte van 17 uur een hogere biomassaproduktie werd gevonden dan bij een daglengte van 14 en van 20 uur. De produktie en groeisnelheid van scheuten bij Madelon en Frisco staat dus onder invloed van zowel de daglengte als de hoeveelheid groeilicht. Het rendement van de gegeven bijbelichting staat dus ook onder invloed van lengte van de lichtperiode.

Summary Rose

In the winter of 1992-1993 the effects of light period and end-of-day far-red (EOD FR, for 15 min $8 \mu\text{mol.s}^{-1}.\text{m}^{-2}$ 700-800 nm) on the formation, growth and development of shoots and bottom breaks were studied using the varieties Madelon and Frisco. Daylight was supplemented with high pressure sodium light ($60 \mu\text{mol m}^{-2}.\text{s}^{-1}$; $3 \text{ mol.m}^{-2}.\text{day}^{-1}$) to a light period of 14, 17 or 20 hours. EOD FR irradiation only raised the average branch fresh weight of Madelon. The number of bottom breaks, the branch length and time to flowering of both Madelon and Frisco were not affected by EOD FR.

The rate of shoot growth was stimulated by long day. The final shoot length of shoots at flowering was significantly longer with 17 and 20 hours than 14 hours. Flower development and growth of shoots was accelerated by a daylength of 17 or 20 hours. With Madelon blindness of shoots decreased when the daylength was increased from 14 to 17 or 20 hours.

Compared to Madelon the number of bottom breaks was higher for Frisco. The day length of 17 and 20 hours increased the number of bottom breaks for Frisco and the length and the weight of the branches. The number of bottom breaks was for Madelon only influenced with 17 hours. Compared to the light period of 14 hours, the number of bottom breaks was not affected by the day length of 20 hours. Branch fresh weight and length of bottom breaks Madelon were not affected by day length. With Madelon the bottom breaks appeared quicker at a day length of 17 and 20 hours after bending the plant to promote the formation of bottom breaks. With Frisco the bottom breaks appeared quicker at a day length of 14 and 17 hours. With the day length of 17 and 20 hours the bottom breaks of both Madelon and Frisco developed quicker and flowered sooner.

Samenvatting *Eustoma*

Eustoma grandiflorum is een snijbloem die in Nederland steeds meer in de belangstelling staat. Zowel temperatuur als daglengte beïnvloeden de scheutontwikkeling van *Eustoma*. De plantensoort *Eustoma grandiflorum* wordt in de literatuur beschreven als een kwantitatieve langedagplant, maar ook als plant die niet gevoelig is voor daglengte. Het aantal bloemen lijkt in de praktijk vooral positief te worden beïnvloed door de hoeveelheid groei-licht. In de winter worden minder bloemknoppen gevormd dan onder zomeromstandigheden. In het kader van het project 'Neveneffecten van assimilatiebelichting' is onderzoek gedaan naar de effecten van belichtingsregime en verrood nabelichting op de scheutontwikkeling bij de cultivar 'Fuji blue'.

Verandering van de duur van de lichtperiode, bij een gelijkblijvende hoeveelheid bijbelichting (SON-T, PAR: $45 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$, dagsom: $2,27 \text{ mol.m}^{-2}.\text{dag}^{-1}$), van 14 naar 17 of 20 uur veroorzaakte bij *Eustoma grandiflorum* 'Fuji blue' een vervroeging van de bloei en een toename van de internodiumstrekking. Bij alle drie lichtperiodes werden bloemen gevormd. Bij een lichtperiode van 17 en 20 uur ontwikkelden de eerste bloemen zich echter in een lagere bladoksel met als gevolg een vervroeging van de bloei. Opvallend was dat de variatie in bloeitijdstip bij een daglengte van 17 en 20 uur minder groot was dan bij een daglengte van 14 uur. Het aantal bloemen per tak was bij een daglengte van 14 uur, ondanks de langere teeltduur, niet groter dan dat bij een daglengte van 17 of 20 uur.

Door een langere lichtperiode nam de internodiumstrekking toe, waardoor de afname van het aantal internodia bij de langere daglengte vrijwel werd gecompenseerd bij een daglengte van 17 uur en meer dan gecompenseerd bij een daglengte van 20 uur.

Een verrood nabelichting van 15 minuten ($8 \mu\text{mol fotonen.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$; 700-800nm) aan het einde van de lichtperiode versterkte het effect van de langere daglengtes op de bloei en veroorzaakte onder alle belichtingsregimes extra stengelstrekking. Bij een daglengte van 14 uur nam door de verrood nabelichting alleen de strekking van de internodia toe. De ontwikkeling van bloemen werd niet beïnvloed.

Omdat de bloeispreiding, de teeltduur en de internodiumstrekking werden beïnvloed door de lengte van de lichtperiode, kan *Eustoma* voor die kenmerken en bij de in dit onderzoek gebruikte lichtperiodes, worden aangeduid als een kwantitatief langedagplant. Bij toepassing van assimilatiebelichting bij de teelt van 'Fuji blue' zal een reactie afhankelijk zijn van zowel de hoeveelheid licht als de duur van de lichtperiode.

Summary *Eustoma*

Eustoma grandiflorum is a commercial cut flower or pot plant in which Dutch greenhouse growers show increasing interest. *Eustoma* has been reported to be a quantitative long day plant (LDP) but some consider it as a day-neutral plant. In order to enable year round production growers started to use supplementary lighting. This can however trigger undesired or unexpected photoperiodic responses.

In the period between October and March we investigated the effect of daylight supplemented with equal amounts ($2,27 \text{ mol.m}^{-2}.\text{day}^{-1}$) of HPS light ($45 \mu\text{mol PPF}$) to a light period of 14, 17 and 20 hours and an end-of-day (EOD) treatment with far-red (FR; 15 min $8 \mu\text{mol m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ 700-800 nm) on the development of 'Fuji blue'. Either 17 or 20 hours hastened the development of flowers compared to 14 hours. This acceleration was caused by reduction of the number of internodes below the first developed flower. Elongation of internodes was promoted by extension of the light period and by an EOD FR-treatment. In the 14 hours light period EOD FR only promoted shoot elongation. EOD FR after an 17 or 20 hours light period also accelerated flowering. The number of flowers per stalk was not effected by the daylength.

INHOUD	blz.
Voorwoord	ii
Samenvatting Roos	iii
Summary Rose	iii
Samenvatting Eustoma	iv
Summary Eustoma	iv
1 Inleiding	1
2 Het effect van belichtingsregime en verrood licht bij roos en Eustoma	5
3 Materiaal en methode algemeen	6
4	8
4.1 Materiaal en methode roos	8
4.2 Resultaten met een of twee scheuten per plant bij Madelon	11
4.3 Resultaten met een of twee scheuten per plant bij Frisco	15
4.4 Grondscheutvorming bij Madelon en Frisco	16
4.5 Discussie roos	17
5 Eustoma	20
5.1 Materiaal en methode	20
5.2 Resultaten	21
5.3 Discussie Eustoma	24
6 Nabeschouwing	25
7 Referenties	26
Bijlage 1. Beschrijving van gebruikte perliet en teeltsysteem.	28
Bijlage 2. Proefopzet en kasindeling.	29
Bijlage 3. Stralingsspectrum SON-T en Verrood	30

1 Inleiding

De dagelijkse plantengroei, uitgedrukt als de per dag geproduceerde biomassa, wordt vrijwel volledig bepaald door de netto koolstofassimilatie (verschil tussen opname door fotosynthese en verlies door verademing). Het optimaliseren van de koolstofassimilatie van een gewas is daarom een eerste voorwaarde voor een goede groei en produktie. In onderzoek van Jiao et al (1991 a,b,c), waarin het effect van verschillende kasklimaatfactoren (lichtsterkte 100-1200 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$, daglengte 8-16 uur, CO_2 350-1500 $\mu\text{l/l}$, dagtemperatuur 15-30°C en nachttemperatuur 15-25°C) op CO_2 -uitwisseling van een rozegewas is onderzocht, bleek het relatieve effect van lichtsterkte, lengte van de lichtperiode, CO_2 , dag- en nachttemperatuur op de dagelijkse plantengroei respectievelijk 64, 31, 4, 0,3 en 0,7% te bedragen. In dit onderzoek waren de lichthoeveelheid en de duur van de lichtperiode dus de belangrijkste produktiebepalende factoren.

Een daglichtsom alleen is soms onvoldoende om het effect van licht op de groei van een gewas te verklaren. Bij toepassing van de bijbelichting bij deze gewassen moet ook rekening worden gehouden met het effect van het belichtingsregime en de lichtkwaliteit op de groei en ontwikkeling van het gewas. Fotomorfogenetisch actieve fotoreceptoren reguleren reacties op daglengte en lichtkwaliteit die van invloed zijn op o.a. verdeling en omzetting van fotosynthese-produkten, scheutontwikkeling, bloei, bol en knolontwikkeling, inductie en doorbreking van rust. Door het effect van assimilatiebelichting op de daglengte en de lichtkwaliteit, kan assimilatiebelichting, bij daarvoor gevoelige gewassen, deze reacties oproepen. Informatie over het bestaan en de omvang van reacties op daglengte en lichtkwaliteit kan worden gebruikt om de doelmatigheid van een gegeven hoeveelheid assimilatielicht te vergroten.

Voor een goed afgewogen beslissing over de toepassing van assimilatiebelichting is informatie nodig over zowel de relatieve, als absolute bijdrage van de bijbelichting aan de produktie. Onder normale Nederlandse omstandigheden kan de hoeveelheid voor de fotosynthese bruikbare straling waarden bereiken van maximaal 1800 $\mu\text{mol m}^{-2}.\text{s}^{-1}$. In een kas met een transmissie van 60-70% blijft daar ongeveer 1100-1300 μmol van over. Midden december is de maximale lichtsterkte in een kas nog maar zo'n 300-350 μmol . Omdat 's winters de doorlatendheid van een kas voor directe straling door de lage stand van de zon meestal lager is dan 60%, is dat laatste getal nog aan de hoge kant. De sterkte van de natuurlijke fotosynthetisch actieve straling wordt meestal berekend uit de gemeten globale straling. Daarbij wordt gebruik gemaakt van een gemiddelde omrekeningswaarde van 0,45 Watt PAR per Watt globale straling. Voor de omrekening van PAR (in Watt) naar fotosynthetisch actieve fotonen wordt uitgegaan van 4,57 μmol fotonen per Watt PAR. Deze waarden zijn gemiddelden. De omrekeningsfactoren kunnen op korte termijn, afhankelijk van de zonnehoek, de bewolking en de verhouding tussen diffuse en directe straling, van deze waarden afwijken. De werkelijke bijdrage die door assimilatiebelichting op een bepaald moment aan de totale hoeveelheid licht wordt geleverd kan daardoor afwijken van de berekende.

In de praktijk wordt assimilatiebelichting meestal gebruikt wanneer de natuurlijke hoeveelheid licht onder een bepaalde grenswaarde komt. Uitgangspunt hiervoor is dat niet moet worden belicht op het moment dat de fotosynthese lichtverzadigd begint te raken. Voordat sprake is van lichtverzadiging neemt met toenemend licht de hoeveelheid vastgelegd CO_2 per hoeveelheid fotosynthetisch actieve straling af. Bij lichtverzadiging geeft verhoging van de lichtsterkte geen verhoging meer van de fotosynthesesnelheid. Op dat moment heeft het geen zin extra assimilatielicht te geven. Het uitschakelmoment van de assimilatiebelichting moet daarom afhankelijk zijn van het

aandeel dat de assimilatiebelichting kan leveren aan de fotosynthese. Omdat het lichtverzadigingspunt van de fotosynthese sterk gewasafhankelijk is (tabel 1), betekent dat ook een gewasafhankelijke grenswaarde voor het uit- of aanschakelen van de assimilatiebelichting.

Wanneer assimilatiebelichting bij een globale stralingssterkte van 75 Watt.m^{-2} (buiten de kas) zou worden uitgeschakeld (komt overeen met ongeveer $150 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ PAR) is in die kas op dat moment de lichtsterkte ongeveer $90 \mu\text{mol}$ (60% transmissie). Bij een belichtingssterkte van 3000 lux (ongeveer $37 \mu\text{mol PAR}$) betekent dat uitschakelen op een moment dat de lampen nog ongeveer 30% van het groeilicht leveren of: op een moment dat de natuurlijke hoeveelheid licht in de kas met 40% kan worden wordt verhoogd door het inschakelen van de assimilatiebelichting. Wanneer als grenswaarde voor gebruik van assimilatiebelichting met een belichtingssterkte van $37 \mu\text{mol.m}^{-2}$ een aandeel van minimaal 15% zou worden aangehouden bedraagt de waarde van globale straling buiten de kas waarbij de lampen zouden moeten worden uitgeschakeld al $175 \text{ Watt.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$.

Omdat in een gewas of plant meestal meerdere bladlagen aanwezig zijn is de lichtsterkte waarbij lichtverzadiging van de gewasfotosynthese optreedt hoger dan die waarbij de fotosynthese van een blad verzadigd is. De precieze verhouding tussen het verzadigingsniveau van een enkel blad en een gewas is afhankelijk van de gewasdichtheid. Jiao et al (1988, 1989) vonden bij de roos Samantha dat het niveau voor lichtverzadiging van de fotosynthese voor een hele plant dubbel zo hoog was als voor een enkel blad.

De voor roos genoemde niveaus voor lichtverzadiging van de bladfotosynthese variëren tussen 500 en 1000 $\mu\text{mol PAR}$ (Bredmose, 1993; Jiao et al 1988, 1990, Zieslin en Mor 1990). Bij Frans onderzoek naar het effect van luchtbevochtiging op de groei van Rosa 'Sweet promise' (Sonia) nam de CO_2 -fixatiesnelheid van een blad toe met de lichtsterkte tot een hoogst gemeten lichtsterkte van meer dan 1400 $\mu\text{mol PAR}$ (Urban, Langelez, 1992). In Nederland is dat ongeveer de hoogste (natuurlijke) lichtsterkte die (in een normale kas) kan voorkomen. Zolang de andere teeltcondities in orde zijn zou dit betekenen dat voor een rozen gewas in Nederland geen lichtverzadiging hoeft op te treden en dat zelfs bij zomerse lichtsterktes een verhoging van de lichtsterkte de (gewas)fotosynthese zal verhogen.

Uit onderzoek blijkt inderdaad dat gebruik van assimilatiebelichting ook in de zomer nog produktieverhoging kan geven. Khosh-Khui en George (1977) vonden voor rozen een positief effect van assimilatiebelichting in de periode van oktober tot juni. Mortensen et al (1992) vonden in de periode van september tot juni een positief effect van assimilatiebelichting (belichtingsniveaus tot 370 $\mu\text{mol PAR}$). Tussen het belichtingsniveau en de produktie werd van 90 tot 190 $\mu\text{mol PAR}$ een lineair met de lichtsterkte stijgende produktie gevonden (Mortensen et al 1992a). Bredmose (1993, 1994) vond gedurende het hele jaar een positief (lineair) effect van assimilatiebelichting op de produktie van Frisco en Gabrielle. Dat zou betekenen dat het relatieve effect van assimilatiebelichting op de produktie onder die omstandigheden wordt bepaald door het aandeel van de belichting in de totale hoeveelheid fotosynthetisch actieve straling.

Assimilatiebelichting veroorzaakt niet alleen extra fotosynthese maar in sommige gevallen ook morfologische en fysiologische veranderingen door verandering van daglengte en lichtkwaliteit. Deze laatste veranderingen kunnen van invloed zijn op de door assimilatiebelichting verkregen produktieverhoging. Er zijn bijvoorbeeld proefresultaten bekend van kortlopend onderzoek, waarbij een daglichtsom gegeven over een periode van 24 uur effectiever was dan wanneer dezelfde daglichtsom werd gegeven in 12 uur, gevolgd door een periode van 12 uur donker (Jiao et al, 1990). Door

gebruik van assimilatiebelichting verandert bijvoorbeeld ook de bladanatomie van rozen en neemt de bladoppervlakte relatief toe (Blacqui re, 1987). Te lange belichtingsduur kan ook de huidmondjesregulatie be nvloeden (Slootweg, 1993).

De lichtcondities tijdens de ontwikkeling van een blad kunnen de fotosynthesecapaciteit daarvan be nvloeden (o.a: Salisbury, Ross 1992; Boardman, 1977; Louwerse, Van der Zweers, 1977). Het aanpassingsvermogen en -snelheid aan een bepaalde lichtsterkte en de grenzen waartussen de fotosynthese-effici ntie bij een bepaalde lichtsterkte kan vari ren kan afhankelijk zijn van plantesoort, de leeftijd van de plant en de opkweekcondities. Op grond van literatuurgegevens is het moeilijk om een kwantitatief inzicht te krijgen hoe deze reacties het rendement van de gebruikte assimilatiebelichting kunnen be nvloeden.

Een hoge koolstofassimilatie maakt een snelle groei en hoge produktie mogelijk. De uiteindelijke produktie wordt echter bepaald door de hoeveelheid assimilaten die in het te oogsten gedeelte terechtkomt. Omdat meestal slechts een gedeelte van een gewas wordt geoogst, hoeft een maximale koolstofassimilatie niet inherent te zijn aan een maximale produktie. De produktie van ranonkel is bijvoorbeeld sterk afhankelijk van de daglengte; korte dag stimuleert de ontwikkeling van bloemen maar beperkt de periode waarin fotosynthese mogelijk is, langedag verlengt weliswaar de periode waarin fotosynthese mogelijk is maar stimuleert de vorming van knollen (klauwtjes) en remt of verhindert de ontwikkeling van bloemen (De Graaf- van der Zande, Krijger 1993; De Graaf- van der Zande et al 1992). Ook voor bijvoorbeeld roos (Mor en Halevy, 1980), tomaat (Kinet, 1977), lelie (Van Meeteren, 1981), iris (Mae, Vonk, 1974) en Bougainvillea (Hackett en Sachs, 1966) bestaan aanwijzingen dat de bloemontwikkeling niet direct afhankelijk is van de fotosynthesesnelheid, maar van een lichtafhankelijke toevoer van assimilaten naar de zich ontwikkelende knoppen. Mor en Halevy (1980) toonden bij de rozecultivar 'Marimba' aan dat de assimilantoevoer naar jonge scheuten door licht werd gestimuleerd. Bij verduistering van een jonge scheut nam de assimilantoevoer naar die scheut sterk af in het voordeel van wortels en de oudere delen van de plant. In hetzelfde artikel toonden ze aan dat het effect van licht op het vermogen van de scheut om assimilaten aan te trekken onafhankelijk is van de fotosynthese. De sinkactiviteit van een jonge scheut kon met behulp van de rood/verrood-verhouding worden be nvloed. Rood licht op de scheuttop bevorderde de assimilantoevoer naar de top. Verrood licht had vrijwel geen effect. Een combinatie van rood en verrood bevorderde de sinkwerking het sterkst. Het door verduistering verminderde transport van assimilaten kan door BA-toediening weer worden hersteld (Mor, Halevy, 1984). Rood licht kan echter ook het aantal loze scheuten vergroten. Bij belichting van getopte planten van de roos 'Red Garnette' met rood licht met of zonder verrood als dagverlenging onstonden, zonder verrood licht meer zijscheuten maar minder bloeiende (meer loos) scheuten (Moe, 1987).

Tabel 1. Lichtverzadiging van bladfotosynthese en fotosynthesesnelheden van enkele gewassen

Gewas	verzadiging ($\mu\text{mol/s/m}^2$)	snelheid ($\mu\text{mol CO}_2/\text{s/m}^2$)	bijzonderheden	bron
<i>Gossypium</i>	1500	32	bovenste bladlaag	Salisbury, Ross 1985
<i>Asarum caudatum</i>	200		schaduwplant	Taiz, Zeiger 1991
<i>Rosa</i> 'Sonia'	1400	15	gemeten tot 1400 μmol	Urban, Langelez 1992
<i>Rosa</i> 'Samantha'	1000	17	1000 ppm CO_2 (scheut)	Jiao et al, 1988
<i>Rosa</i> 'Madelon'	>800	18-20		eigen meting
<i>Rosa</i> 'Frisco'	>800	18-22		eigen meting
<i>Agave americana</i>		0,6-2,4		Salisbury, Ross 1992
<i>Fagus sylvatica</i>		3-12		Salisbury, Ross 1992
<i>Glycine max</i>		10-20		Salisbury, Ross 1992
<i>Tritium</i>	850	29	bovenste bladlaag	Salisbury, Ross, 1985
<i>Atriplex triangularis</i>	800		zonneplant	Taiz, Zeiger 1991
<i>Zea maïs</i>	2000	50	gemeten tot 2000 μmol aan bovenste bladlaag	Taiz, Zeiger 1991
<i>Solidago virgaurea</i>	400	7,5	zonnekloon, gekweekt bij weinig licht	Taiz, Zeiger 1991
<i>Solidago virgaurea</i>	700	16	zonnekloon, gekweekt bij veel licht	Taiz, Zeiger 1991

2 Het effect van belichtingsregime en verrood licht bij roos en Eustoma

Doelstelling

In de inleiding is geprobeerd aan te geven dat licht niet alleen moet worden beschouwd als energiebron, maar ook als drager van de informatie over de omgeving waarin een plant groeit. Onder natuurlijke omstandigheden is de reactie van een plant op die informatie een gegeven waaraan weinig kan worden veranderd. Met behulp van kunstlicht kan (gewenst of ongewenst) informatie worden gegeven, waardoor een bepaalde planterreactie wordt opgeroepen. Kennis over de reactie van een gewas op licht kan helpen zo efficiënt mogelijk gebruik te maken van assimilatiebelichting.

Met het hierna beschreven onderzoek is geprobeerd te achterhalen in hoeverre de bovengenoemde reacties een rol spelen bij toepassing van assimilatiebelichting op de rozen Madelon en Frisco (hoofdstuk 4) en op *Eustoma grandiflorum* (Lisianthus) 'Fuji blue' (hoofdstuk 5). Van rozen wordt aangenomen dat de bloemontwikkeling vooral bepaald wordt door de hoeveelheid licht (Zieslin, Mor 1990). Eustoma staat bekend als een gewas waarvan de bloemontwikkeling (soms) door daglengte kan worden beïnvloed (zie o.a. Halevy en Kofranek, 1984; Roh et al., 1985; Roh en Lawson, 1984; Van Leeuwen et al, 1987).

Wanneer het belichtingsregime en de lichtkwaliteit van assimilatielicht mede bepalend is voor de scheutgroei en -ontwikkeling van een plant, is ook het rendement van de gegeven belichting hiervan afhankelijk. Voor een zo efficiënt mogelijke toepassing van de belichting zal in zo'n situatie rekening gehouden moeten worden met de reacties van de planten op het belichtingsregime en de lichtkwaliteit.

3 Materiaal en methode algemeen

Belichtingsregime

Plantmateriaal van de rozecultivars Madelon en Frisco en van de Eustomacultivar 'Fuji blue' is opgekweekt onder drie verschillende belichtingsregimes, met en zonder verrood nabelichting (Tabel 2). De verrood nabelichting is gegeven omdat de in de praktijk gebruikte assimilatiebelichting vrijwel geen verrood licht geeft, terwijl veel plantereacties onder invloed staan van de rood/verrood-verhouding van licht. Het is echter technisch erg moeilijk om bij gebruik van de huidige assimilatielampen een natuurlijke rood/verrood-verhouding te realiseren. Door een verrood nabelichting is het wel mogelijk een indruk te krijgen van de invloed van de (rood/verrood) lichtkwaliteit aan het einde van de lichtperiode.

Bij ieder van de drie belichtingsregimes is steeds 14 uur assimilatielicht gegeven. Door deze veertien uur in twee blokken van 7 uur steeds verder vanaf het midden van de natuurlijke dag naar buiten te schuiven is de lengte van de lichtperiode veranderd zonder de stralingssom te veranderen. De belichtingssterkte (PAR), gemeten op gewasniveau met een Bottemanne quantumsensor en een licor quantumsensor bij de rozen was $60 \pm 5 \mu\text{mol}$ (2,30 meter onder de lampen) en bij Eustoma $45 \pm 4 \mu\text{mol}$ (2,50 meter onder de lampen). Tijdens het onderzoek was het aandeel van het assimilatielicht ruim 40% van de totale hoeveelheid licht (Figuur 1). De sterkte van de verrood nabelichting was, gemeten op gewashoogte met een Licor Li1800 spectroradiometer, $7\text{--}8 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ (700-800 nm).

Outillage

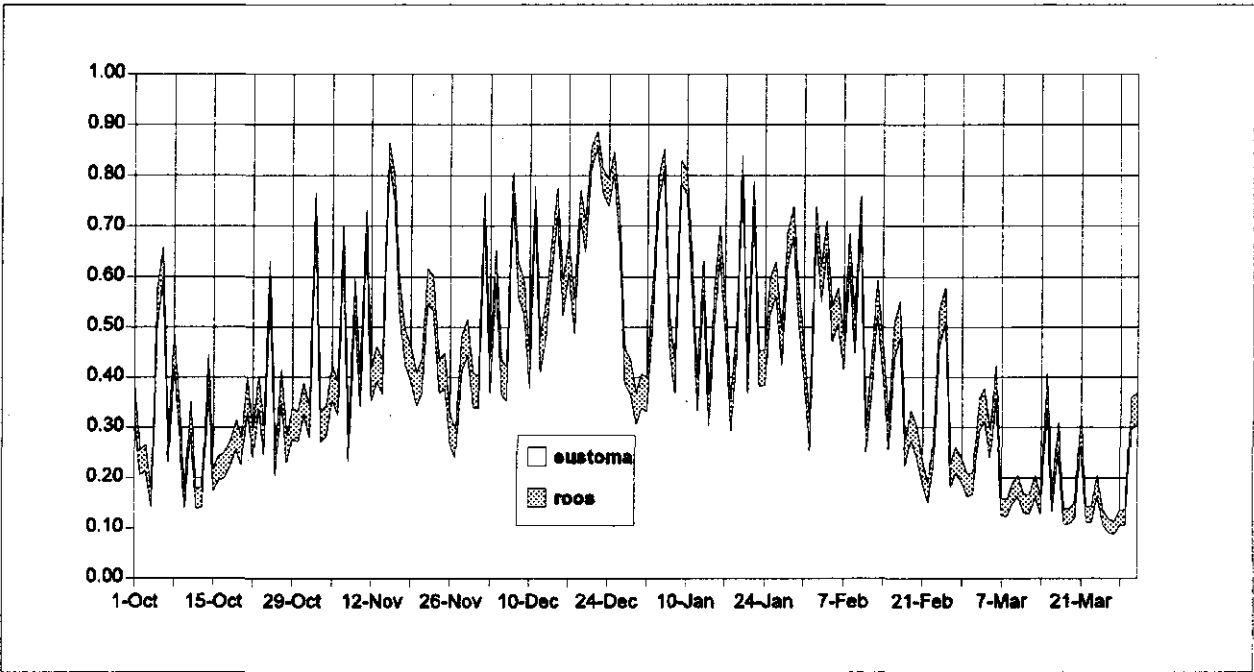
Voor de proef is gebruik gemaakt van zes kasafdelingen van 120 m^2 , ieder voorzien van 12, 400W SON-T lampen in een diepstralend armatuur (spectrum in Bijlage 3). Van iedere afdeling was één helft voorzien van verrood belichting bestaand uit 6 halogeenlampen (300W) voorzien van verroodfilters (Cinemoid oranje en blauw; spectrum in Bijlage 3). Tijdens de verrood nabelichting werd de helft met de verrood nabelichting door een beweegbaar scherm van de andere helft afgeschermd.

Tussen 30 minuten na zonsondergang tot 30 minuten voor zonsopgang is gebruik gemaakt van een verduisteringsinstallatie om stoörlicht naar andere afdelingen te voorkomen. Voor het afvoeren van de geproduceerde warmte en waterdamp is in het bovenscherm een ventilatiekier aangehouden van 10%. De tijdens de proeven ingestelde temperatuur en CO_2 concentratie waren respectievelijk 18°C en 450 ppm.

Als teeltsysteem is gebruik gemaakt van goten van 50 cm breed, 20 cm hoog en 3,75 m lang, gevuld met een laag van 18 cm fijne perliet met een korrelgrootte tot 1mm, (gegevens perliet en schematische tekening van de gebruikte goten in Bijlage 1). Per afdeling zijn 22 goten gebruikt. De voedingsoplossing (voor teelt op substraat volgens Sonneveld en Straver, 1989; De Kreij, 1985) werd driemaal per dag gedoseerd via twee druppelslangen per goot met een overdrain van 10-20%. De onderlinge afstand tussen de druppelopeningen bedroeg 20 cm. De samenstelling van de voedingsoplossing werd gecontroleerd in monsters van het drainwater. Binnen een afdeling zijn de behandelingen zo over de goten verdeeld dat onderlinge beïnvloeding van de herhalingen zo klein mogelijk was (overzicht: Bijlage 2).

Tabel 2. Ingestelde belichtingsregimes

Belichting	Belichtingsregime SON-T	Verrood
14 uur +/- verrood	05:30-19:30	19:30-19:45
17 uur +/- verrood	04:00-11:00 en 14:00-21:00	21:00-21:15
20 uur +/- verrood	02:30-09:30 en 15:30-22:30	22:30-22:45



Figuur 1. Assimilatielichtfractie (mol/mol) in de dagelijkse hoeveelheid licht tijdens het onderzoek.

4 Roos

Omdat in principe iedere uitlopende knop een bloemtak kan vormen is de knopuitloop een belangrijke productiebepalende factor voor de rozenteelt. In de huidige rozenteelt vormt een grondscheut meestal de basis voor een rozestruik. Het aantal grondscheuten en de tijd waarop deze na het planten worden gevormd bepaalt voor een deel de latere takproductie. Bij een jong (open) gewas en tot een bepaald cultivarafhankelijk maximum geldt: hoe meer grondscheuten (en broekscheuten), hoe hoger het aantal geoogste takken in de periode erna (Dubois, 1987; 1990; Kromwijk et al, 1992). Zolang de beschikbare hoeveelheid assimilaten voldoende is zullen uitlopende scheuten bloemen vormen. Bij te weinig assimilaten door te weinig licht of een te groot aantal scheuten zal echter de loosvorming toenemen (De Hoog, 1993). Omdat de potentiële productie uiteindelijk bepaald wordt door de hoeveelheid licht zal bij de productie geprobeerd moeten worden het aantal uitgroeïende scheuten per m² aan te passen aan de beschikbare hoeveelheid licht.

De groei en ontwikkelingssnelheid van een scheut bepaalt het aantal scheuten dat gedurende een bepaalde periode op een tak ontstaat. Door apicale dominantie van de hoofdscheut wordt de ontwikkeling van nieuwe scheuten geremd of tegengehouden zolang de hoofdscheut groeit. Door het oogsten van die scheut verdwijnt de remming en lopen nieuwe scheuten uit (Zieslin, Mor, 1990).

De takkwaliteit wordt door zowel de groeisnelheid als de ontwikkelingssnelheid van een tak bepaald. Hoe hoger de groeisnelheid en hoe lager de ontwikkelingssnelheid (ontwikkeling van een bloem) hoe groter en zwaarder de tak.

4.1 Materiaal en methode roos

Om het effect van belichtingsregime en lichtkwaliteit aan het einde van de dag op de bovengenoemde productiebepalende factoren te onderzoeken, is het onderzoek opgedeeld in drie afzonderlijke deelonderzoeken waarin is gekeken naar het effect van de gegeven belichtingen op de scheutgroei en loosvorming bij planten met één (1) of twee scheuten (2), en de ontwikkeling van grondscheuten (3).

Voor ieder deelonderzoek zijn 36 goten (6 per afdeling) gebruikt. Als plantmateriaal voor de proeven is gebruik gemaakt van in steenwol bewortelde stekken. Per goot is steeds een helft volgeplant met Madelon en de andere helft met Frisco. De resultaten van de twee cultivars zijn gemiddeld per bak. Deze gemiddelden zijn gebruikt voor de berekening van de Least Significant Difference-waarden (LSD) met een onbetrouwbaarheidsgrens van 5%. Wanneer de verschillen tussen de behandelingsgemiddelden groter zijn dan de LSD-waarde is de kans dat die verschillen door de gegeven behandeling zijn veroorzaakt 95%.

deelonderzoek 1: scheutgroei- en ontwikkelingssnelheid van een enkele scheut

Voor dit onderzoek is gedurende twee opeenvolgende teelten, in oktober en in januari, gekeken naar het effect van de gegeven belichtingen op de uitgroei van een enkele scheut. Hiervoor is bewortelde stek van Frisco en Madelon geplant met een dichtheid van 64 planten per m². Voorafgaand aan het planten is geselecteerd op scheutlengte. Na het planten is op iedere stek één scheut aangehouden, waarvan de lengtegroei is gevolgd tot het moment waarop de bloemknop een oogstrijp stadium had bereikt. Bij het bereiken van dat stadium zijn de scheuten verwijderd en is het gewicht en de takopbouw (taklengte, neklengte, gewicht, aantal bladeren) gemeten.

De verschillen in scheutlengte van de stekken van Frisco waren veel kleiner dan die bij de stekken van Madelon. Het was daarom niet goed mogelijk te sorteren in duidelijke verschillende lengteklassen zoals bij Madelon. Bij de verwerking van de gegevens is voor Frisco daarom niet gekeken naar het effect van scheutlengte bij het planten op de

verdere ontwikkeling van de plant. Bij Frisco was bovendien de weggroei van het uitgangsmateriaal erg variabel. Daarom zijn de bij de tweede teelt de eerste scheuten op het moment dat de gemiddelde bloemknopdiameter (van de scheuten met een bloemknop) een grootte had van 2 cm, teruggeknipt op het onderste vijfblad. Tijdens de daarop volgende periode is de lengtegroei en de ontwikkeling van de nieuwe scheut gevolgd.

deelonderzoek twee: scheutgroei en ontwikkeling van een plant met twee scheuten

Het doel van dit onderzoek was het nagaan of de verschillende belichtingen effect zouden hebben op de concurrentieverhouding van twee scheuten. Voor dit onderzoek is een plantdichtheid aangehouden van 32 planten per m². De planten zijn opgekweekt totdat de bloemknopdiameter gemiddeld over de bloeiende planten (Frisco en Madelon afzonderlijk) 2 cm was. Op dat moment zijn alle takken teruggeknipt op twee vijfbladen. Bij ieder vijfblad is één scheut aangehouden. Onderzocht is of de gegeven belichtingen van invloed waren op de vorming van bloemknoppen bij de twee scheuten die zich na het terugknippen ontwikkelden.

deelonderzoek drie: grondscheutvorming.

Bij dit onderzoek is gekeken of de gegeven belichtingen effect hadden op de ontwikkeling van grondscheuten. De plantdichtheid was hier 16 planten per m². Bloeiende scheuten zijn getopt op het moment dat de bloemknop geopend was. Tien weken na het planten zijn alle planten ingebogen om de ontwikkeling van grondscheuten te stimuleren. Tijdens het onderzoek is het aantal, het moment van ontstaan en de groeiduur van nieuwe grondscheuten bepaald. Bij het bereiken van het oogstrijpe stadium is de lengte en het gewicht van de scheuten gemeten.

fotosynthesemetingen.

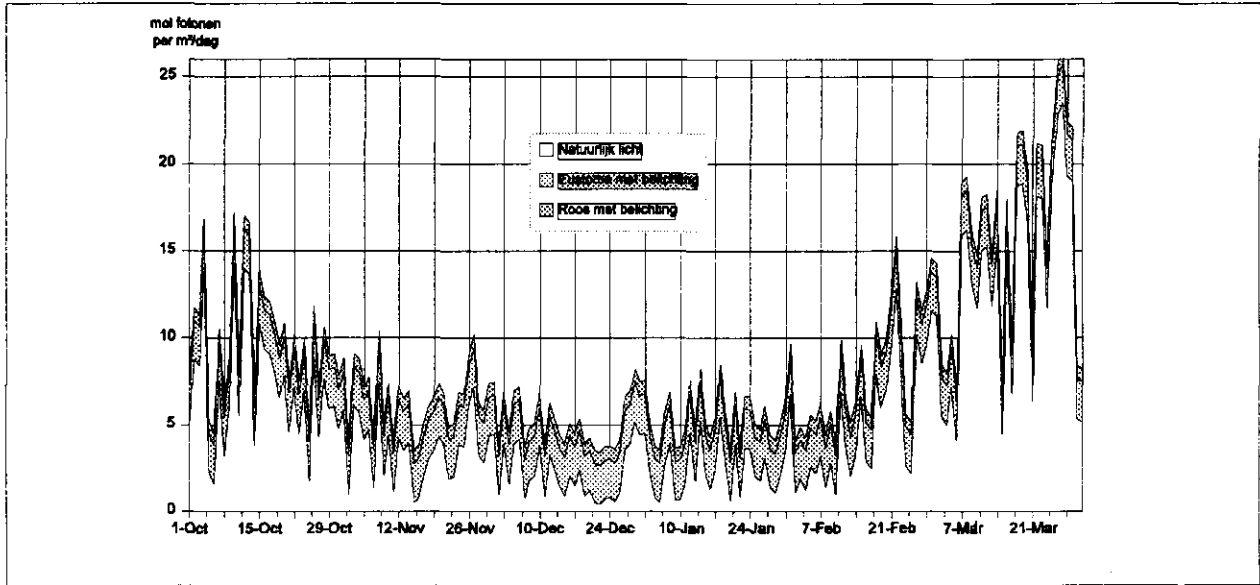
Tijdens het onderzoek is de bladfotosynthesesnelheid van Madelon gemeten met een Licor Li6200 fotosynthesemeter in een bladcuve met een inhoud van 250 ml. Het CO₂-meetinterval tijdens de metingen is zo gekozen (afhankelijk van de hoeveelheid aanwezig licht) dat de duur van een meting tussen 10 en 30 seconden bleef. De temperatuur, CO₂-concentratie en luchtvochtigheid in het meetcuve tijdens de metingen waren dezelfde als die in de kas op het moment van meten. Voor de metingen is steeds het topblaadje van het bovenste volgroeide vijfblad gebruikt van scheuten met een bloemknopdiameter van minimaal 2 cm. De tijdens de lichtmetingen aanwezige variatie in lichtsterkte is gebruikt om een lichtresponsecurve samen te stellen. De gegevens over de ademhaling in het donker zijn verkregen door het cuve tijdens de metingen in de kas te verduisteren en door meting tijdens de donkerperiode.

plantdata en plantmateriaal.

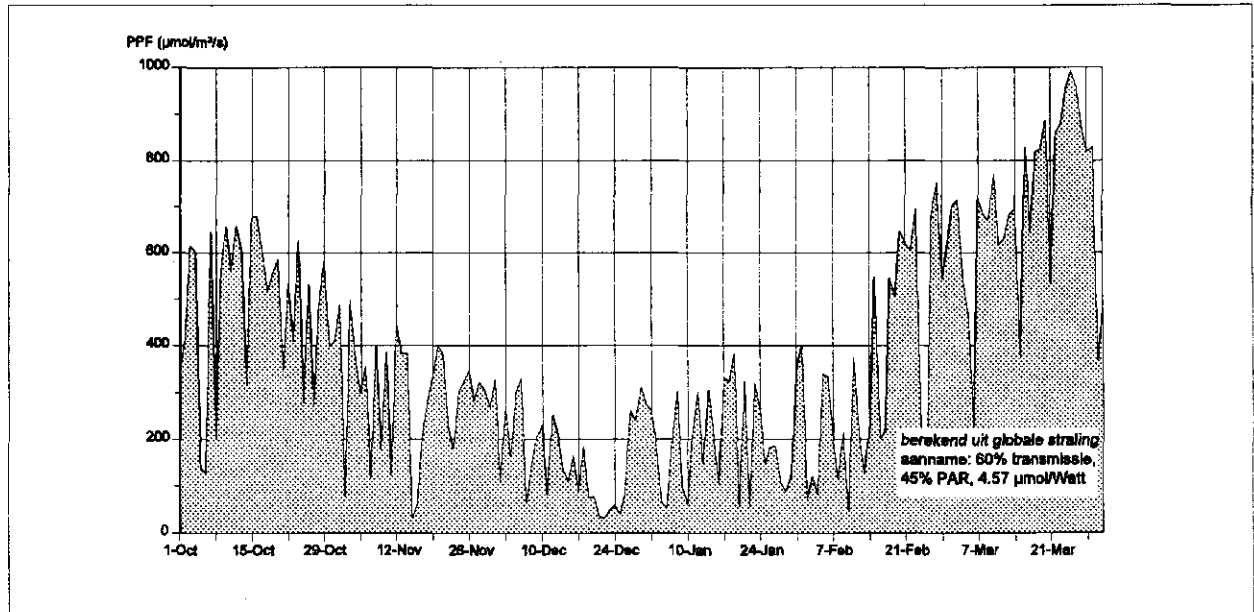
Tabel 3 is een overzicht van plant-, behandelings- en einddata voor de afzonderlijke deelonderzoeken. De scheutlengte van plantmateriaal van Madelon bij de tweede planting was kleiner dan die van het materiaal bij de eerste planting. Voor de beoordeling van het effect van scheutlengte van het uitgangsmateriaal op de ontwikkeling van bloemknoppen is bij de eerste planting bij Madelon een onderverdeling gemaakt in drie klassen van respectievelijk 1-4 cm, 4-6 cm en 6-10 cm en bij de tweede planting op 4 januari in drie klassen: tot 3 cm, van 3-5 cm en van 5-8 cm. Voor het onderzoek met planten van Madelon met één scheut is plantmateriaal gebruikt met een scheutlengte van 1-3 cm, voor het onderzoek met twee scheuten 4-6 en voor grondscheutontwikkeling 6-10 cm. De scheutlengte van het plantmateriaal van Frisco was gemiddeld 4,5 cm.

Tabel 3. Overzicht van plant en behandelingsdata. L = datum laatste oogst, geoogst werd op het moment dat de bloemknoppen oogstbaar (stadium 2) waren. E = datum waarop de hele proef in een keer is geoogst.

Onderzoek	Plantdatum		Teruggeknipt/buigen		Einde/Laatste oogst	
	Frisco	Madelon	Frisco	Madelon	Frisco	Madelon
Enkel scheut 1	30/9/92	6/10/92	nvt	nvt	(L) 8/12	(L) 8/12
Enkel scheut 2	4/1/93	4/1/93	17/2/93	nvt	(E) 24/3/93	(L) 10/3
Dubbelscheut	30/9/92	6/10/92	13/11/92	12/11/92	(E) 15/1/93	(L)17/2
Grondscheutvorming	30/9/92	6/10/92	16/12/92	16/12/92	(L) wk 12 1993 (L)	
Fotosynthese	metingen aan Madelon in de periode van 24 november tot 15 april					



Figuur 2. Dagsom van fotosynthetisch actieve straling in de kas.

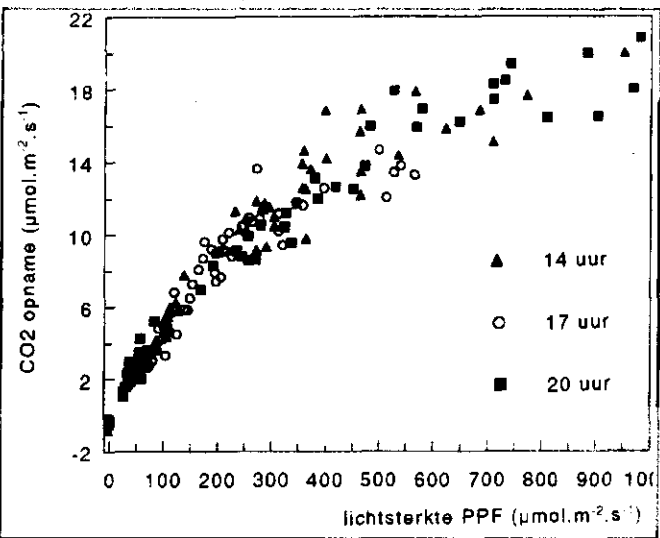


Figuur 3. Maxima van natuurlijke fotosynthetisch actieve straling in de kas tijdens het onderzoek.

4.2 Resultaten met een of twee scheuten per plant bij Madelon

Fotosynthesemetingen

Gedurende het grootste deel van het onderzoek bleef de maximale natuurlijke lichtsterkte in de kas onder 500 μmol (figuur 3), bij deze waarde leverde de bijbelichting nog ruim 10% van de totale hoeveelheid groeilicht. Lichtsterktes boven 500 μmol kwamen weinig en dan vaak slechts gedurende een korte tijd per dag, voor. Het aandeel van het assimilatielicht in de totale daghoeveelheid groeilicht kon op sommige dagen oplopen tot meer dan 80% (Figuur 1). Uit de fotosynthesesnelheid blijkt dat de bladfotosynthesesnelheid bij 500 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ nog niet was verzadigd (Figuur 4). Bij de hoogste lichtsterktes waarbij is gemeten, was het effect van extra licht op de CO_2 opnamesnelheid relatief wel iets minder dan bij de lagere lichtsterktes.



Figuur 4, Bladfotosynthese Madelon

Invloed uitgangsmateriaal op de scheutontwikkeling

Vier weken na het planten kwamen bij Madelon de eerste bloemknoppen open. De stekken met de langste scheuten op het moment van planten gaven uiteindelijk het laagste aantal bloeiende takken (Tabel 4 en 5). Verlenging van de lichtperiode van 14 of 17 naar 20 uur had bij de eerste teelt een positief effect op het bloeipercentage van de stekken met een scheutlengte 4-6 cm. De bloemknopontwikkeling bij de stekken met een scheutlengte van 6-10 cm bij het planten was bij dit onderzoek waarschijnlijk al te ver om nog door de belichting te worden beïnvloed.

Tabel 4. Het effect van de scheutlengte van het uitgangsmateriaal van 6 oktober en het belichtingsregime op het bloeipercentage van Madelon.

lengteklasse	belichting	14 uur	17 uur	20 uur	LSD	rood	verrood	LSD
1-4 cm		94	91	94	6,2	91	95	5
4-6 cm		51	63	72	13	58	65	11
6-10 cm		28	30	20	12	26	27	10

Bij de tweede teelt, waar het uitgangsmateriaal bij de start van de behandelingen wat kleiner was dan bij de eerste teelt, werden bij een lichtperiode van 17 en 20 uur minder loze scheuten gevormd dan bij een lichtperiode van 14 uur. Bij deze teelt werd het hoogste bloeipercentage gevonden bij de scheuten die bij het planten tussen 1 en 3 cm

lang waren. Bij geen van de beide teelten werd een duidelijk effect van een verrood nabelichting op de bloemontwikkeling gevonden.

Tabel 5. Het effect van de scheutlengte van het uitgangsmateriaal geplant op 4 januari en van het belichtingsregime op het bloeipcentage van stekken van Madelon.

lengteklasse	belichting	14 uur	17 uur	20 uur	LSD	rood	verrood	LSD
1-3 cm		51	72	75	7	64	68	5
3-5 cm		46	52	60	8	51	54	6
5-8 cm		32	51	54	6	45	46	5

Oogstverloop bij planten met een enkele scheut (Tabel 6 en 7)

Bij beide teelten bleek de teeltduur door langere belichtingstijden af te nemen, het grootste effect ontstond door verlenging van de lichtperiode van 14 naar 17 uur. Verlenging van de daglengte van 17 naar 20 uur gaf alleen bij de eerste teelt nog afname van de teeltduur. Opvallend was dat ondanks een kortere groeiperiode de gemiddelde taklengte van de geoogste scheuten bij de langere lichtperiode groter was. Gemiddeld over de twee teelten werd het grootste verschil gevonden tussen een daglengte van 14 en 17 of 20 uur. Het verschil in taklengte werd vooral veroorzaakt door een grotere lengte van de internodia. Het gewicht van de geoogste takken was bij alle lichtperiodes, ondanks het verschil in groeiduur, vrijwel gelijk. Door de verrood nabelichting nam het takversgewicht bij de eerste teelt toe, maar bij de tweede teelt werd geen effect van verrood licht op het takgewicht gevonden. De specifieke bladoppervlakte (SLA) van het blad van de scheuten die bij een daglengte van 20 uur waren ontstaan was lager dan van het blad van de scheuten bij de andere daglengtes. Het bij een daglengte van 20 uur gevormde blad was dus dikker. Bij een gelijk bladdrooggewicht was de bladoppervlakte bij een daglengte van 20 uur het kleinst. Opvallend was het hogere drogestofgehalte (bij de tweede teelt) van het blad bij een langere lichtperiode. Bij vervolgonderzoek zou nagegaan kunnen worden of dit verschil is veroorzaakt door een verlaagde drukpotentiaal (daarvoor is het verschil van 2% wel groot) of structurele veranderingen, of door bijvoorbeeld accumulatie van zetmeel.

Tabel 6. Oogstgegevens enkele scheut Madelon eerste teelt.

	14 uur	17 uur	20 uur	LSD	rood	verrood	LSD
teeltduur (dagen)	59	56	54	1,2	56	56	1
taklengte (cm)	58,7	59,3	61	1,8	59,1	60,2	1,4
neklengte (cm)	11,2	11,6	11,4	0,4	11,4	11,3	0,4
bladaantal	11,9	11,4	11,7	0,5	11,7	11,7	0,3
versgewicht (g)	19,4	19,3	19,8	0,7	18,9	20,1	0,5
internodiumlengte (cm)	4,97	5,24	5,24	0,16	5,06	5,14	0,12

Tabel 7. Oogstgegevens behandeling 1 Madelon tweede teelt.

algemeen	Belichting	14 uur	17 uur	20 uur	LSD	rood	verrood	LSD
teeltduur (dagen)		63	58	58	0,8	60	60	0,6
taklengte (cm)		53	55	56	1,2	54	56	0,6
neklengte (cm)		10,1	10,5	10,5	0,5	10,4	10,4	0,4
takgewicht (g)		17,7	17,9	17,3	0,8	17,2	18	0,6
bladkenmerken								
bladoppervlakte (cm ²)		425	427	388	19	407	419	16
bladgewicht (droog, g)		1,49	1,52	1,49	0,08	1,47	1,53	0,06
drogestof % blad		24	25	26	0,5	25	25	0,4
SLA cm ² .g ⁻¹		287	283	264	8	280	275	7

Scheutgroei en ontwikkeling van een plant met twee scheuten (Tabel 8-11)

Op 12 november is Madelon teruggeknipt op twee vijfbladen. Op het moment van terugknippen (37 dagen na het planten van de stek) was bij de meeste aangelegde bloemknoppen de kleur van de kroonbladeren al zichtbaar. Opvallend was dat uit het gemiddelde knopstadium (1=gesloten puntknop, 2=oogststadium, ..5=volledig geopende bloem) bij het terugknippen kan worden afgeleid dat de ontwikkelings-snelheid bij een lichtperiode van 14 uur minder was geweest dan bij de lichtperiode van 17 of 20 uur. Bij de resultaten met planten met een enkele scheut kwam al naar voren dat de teeltduur door een langere lichtperiode was afgenomen. Wanneer de periode tot het bereiken van een bepaald stadium door een langere lichtperiode wordt verkort, betekent dit dat het ontwikkelingsstadium dat bereikt is na een bepaalde periode ook onder invloed van de lichtperiode moet veranderen. Dit laatste blijkt uit het knopstadium op het moment van terugknippen (Tabel 8).

De lengte en het versgewicht van het afgeknipte gedeelte was hoger bij scheuten die bij een langere lichtperiode waren geteeld. Door de verrood nabelichting werd de scheutlengte iets vergroot.

Tabel 8. Stand van zaken op het moment van terugknippen op twee vijfbladen bij Madelon.

	14 uur	17 uur	20 uur	LSD	Rood	Verrood	LSD
knopstadium	1,0	1,6	1,7	0,4	1,4	1,4	0,4
taklengte (cm)	45,1	47,0	49,1	2	46,1	48,0	1,7
neklengte (cm)	10,1	10,5	10,5	0,54	10,4	10,4	0,44
aantal bladeren	7,9	7,6	8,0	0,41	7,8	7,7	0,33
versgewicht bloemtak (g)	13,9	15,6	17,5	1,38	15,2	16,2	1,13
versgewicht loze tak (g)	12,3	13,1	14,8	1,78	12,9	13,8	1,45

Op het moment van terugknippen is van een aantal takken de bladoppervlakte en het gewicht van het bovenste drieblad gemeten. Door verlenging van de lichtperiode van 14

naar 17 of 20 uur nam de grootte van dit blad duidelijk toe (Tabel 9). Het specifiek bladoppervlak was, in tegenstelling tot blad van de scheuten van de tweede teelt, bij alle behandelingen hetzelfde.

Tabel 9. Bladkenmerken van het bovenste drieblad van Madelon bij de verschillende belichtingsregimes op het moment van terugknippen op twee vijfbladen.

	14 uur	17 uur	20 uur	LSD	rood	verrood	LSD
gem oppervlakte (cm ²)	46,7	54,4	53,9	4,0	51,3	52,1	3,2
gem drooggewicht (mg)	168	203	195	15,3	185	192	12,5
SLA (cm ² gram ⁻¹)	278	270	277	18,4	277	273	15

Het aantal bloeiende scheuten dat zich na het terugknippen op twee vijfbladen ontwikkelde was hoog. Van alle uitgelopen scheuten vormde 84% uiteindelijk een bloemknop, van de bovenste scheuten kwam 98% in bloei. De hoeveelheid beschikbare assimilaten was bij alle behandelingen blijkbaar voldoende om een goede bloemontwikkeling mogelijk te maken. Voor zowel het belichtingsregime als voor de verrood nabelichting kon geen significant behandelingseffect op het percentage loze scheuten worden aangetoond (Tabel 11). De lengte van de geoogste takken was weer het grootst en de groeiduur het kortst bij de daglengte van 17 en 20 uur. De verrood nabelichting had in dit onderzoek geen effect op het versgewicht van de takken (Tabel 10). Op grond van de resultaten bij het onderzoek aan de planten met een enkele scheut was verwacht dat bij een langere daglengte een hoger bloeipercentage zou zijn gevonden. In het geval van twee scheuten lijkt de bloemontwikkeling van de tweede (onderste) scheut niet te reageren op de voor een enkele scheut gunstige langere daglengte.

Tabel 10. Het effect van belichtingsregime en verrood nabelichting bij Madelon op knopuitloop en bloemvorming na terugknippen op twee ogen.

	Belichting	14 uur	17 uur	20 uur	LSD	rood	verrood	LSD
% loze scheuten totaal		14	15	14	5,7	14	14	4,6
% planten met 2 uitgelopen ogen		74	74	71	9,9	71	75	8,2
% planten met 2 bloemscheuten		52	53	48	12	49	53	9,4
% planten met 1 bloem- en 1 loze scheut		20	19	21	8,3	21	19	6,7
% planten met 2 loze scheuten		2	3	2	2,6	2	3	2,1
% planten met 1 bloemscheut		26	25	29	10	28	25	8,4
% planten met 1 loze scheut		<1	<1	<1	1,3	<1	<1	1

Tabel 11. Takgewicht, taklengte en groeiduur van bloeiende scheuten van Madelon na terugknippen op twee ogen.

	Belichting	14 uur	17 uur	20 uur	LSD	rood	verrood	LSD
taklengte (cm)		57	61	62	1,8	59	61	1,5
takgewicht (g)		16,8	17,2	16,9	0,6	17	17,2	0,5
groeiduur (dagen)		81	76	76	1,6	78	78	1,4

4.3 Resultaten met een of twee scheuten per plant bij Frisco

Oogstverloop bij planten met een enkele scheut (Tabel 12 en 13)

De ontwikkeling van de eerste scheut bij de stekken van Frisco verliep veel minder homogeen dan bij Madelon. Ook het bloeipcentage van de eerste scheuten was bij Frisco lager. Het percentage scheuten met een bloem was na terugknippen van de primaire scheut wel wat hoger. De gegeven lichtbehandelingen hadden geen duidelijk effect op het bloeipcentage van de scheuten (Tabel 12 en 13). Bij de eerste teelt van Frisco met een enkele scheut werd alleen de taklengte door een langere daglengte positief beïnvloed.

Tabel 12. Oogstgegevens enkele scheut Frisco eerste teelt

	14 uur	17 uur	20 uur	LSD	rood	verrood	LSD
bloei (%)	64,2	68,4	64,7	5,7	65,5	65,5	4,6
teeltduur (dagen)	53,5	52,6	53,1	1,4	52,9	53,3	1,1
taklengte (cm)	38,5	40	42,5	2,3	39,7	41,1	1,8
bladaantal	8,7	8,7	8,9	0,5	8,7	8,8	0,4
takgewicht (g)	13,9	13,7	14,2	1,2	13,6	14,2	1
neklengte (cm)	10	10,4	10,7	0,5	10,3	10,4	0,34

Bij de tweede teelt van Frisco met een enkele scheut was zowel de taklengte als het scheutgewicht het grootst bij een daglengte van 17 of 20 uur. Een langere lichtperiode had bij Frisco, net als Madelon, een gunstig effect op de scheutgroei. In tegenstelling tot het effect van daglengte op de vorming van bloemknoppen bij Madelon, kon ook bij de tweede teelt van Frisco echter geen verband worden gelegd tussen daglengte en bloeipcentage.

Tabel 13. Oogstgegevens enkele scheut Frisco tweede teelt, alles in één keer gesneden bij een gemiddelde bloemdiameter van 2 cm.

Belichting	14 uur	17 uur	20 uur	LSD	rood	verrood	LSD
bloei (%) bij terugknippen	35	30	34	12	33	33	9,8
bloei (%) bij oogst	69,5	56,3	56,7	13	58,8	63,4	10,6
takgewicht (g)	16,7	18,7	19,1	0,9	17,9	18,4	0,7
taklengte (cm)	41,1	45,3	46,3	1	44,2	44,3	0,8
looslengte (cm)	43,2	47,7	48	1,14	46,1	46,6	0,9
loosgewicht (g)	19,3	20,8	21,4	0,9	20	21	0,7

Scheutgroei en ontwikkeling van een plant met twee scheuten (Tabel 14)

Op het moment van terugknippen op twee vijfbladen is het versgewicht van het afgeknipte gedeelte bepaald. Het gewicht van de afgeknipte scheuten was het laagst bij een daglengte van 14 uur (Tabel 14). Opvallend was dat het bloeipcentage van de bovenste en onderste scheut ongeveer gelijk (laag) was. Terwijl bij een enkele scheut een bloeipcentage (na terugknippen) werd gevonden van ongeveer 60%, lag het bloeipcentage bij de planten met twee scheuten veel lager: op ongeveer 30%. Het bloeipcentage van Frisco lijkt nauwelijks te worden beïnvloed door de gegeven belichtingen. Wat betreft de scheutgroei is een daglengte van 17 of 20 uur duidelijk beter dan een lichtperiode van 14 uur net zoals bij Madelon.

Tabel 14. Effect van belichtingsregime en verrood nabelichting op bloeipcentage na terugknippen op twee ogen bij Frisco. Bloei uitgedrukt als percentage van het totale aantal scheuten.

	Belichting	14 uur	17 uur	20 uur	LSD	rood	verrood	LSD
gewicht teruggeknipte scheut (g)		6,08	6,77	6,53	0,37	6,47	6,46	0,29
bloei bovenste oog		24	35	35	11	31	32	9
bloei onderste oog		34	21	32	11	27	32	9
totaal		29	28	34	7,4	29	32	6,1

4.4 Grondscheutvorming bij Madelon en Frisco (Tabel 15 en 16)

De gemiddelde scheutlengte van de gevormde grondscheuten nam door een langere lichtperiode toe. Opvallend was dat het aantal gevormde grondscheuten onder invloed van de belichtingsduur ook veranderde. Zowel bij Frisco als bij Madelon werden bij een lichtperiode van 17 uur meer takken gevormd dan bij een belichtingsduur van 14 of 20 uur. Door het groter aantal gevormde grondscheuten en het nauwelijks veranderde takgewicht was ook de geproduceerde hoeveelheid plantmateriaal (op versgewichtbasis) het hoogst bij een belichtingsduur van 17 uur. Bij dit onderzoek was het rendement van een gegeven hoeveelheid licht dus het hoogst bij een lichtperiode van 17 uur. Een verrood nabelichting gaf bij Madelon een iets zwaardere scheut, terwijl langer belichten bij Madelon een iets lichtere tak opleverde (lager specifiek takgewicht g/m). Bij Frisco werden deze laatste effecten niet gevonden.

Tabel 15. Grondscheutontwikkeling bij verschillende daglengte en verrood nabelichting bij Madelon

Belichting	14 uur	17 uur	20 uur	LSD	rood	verrood	LSD
scheutgewicht (g)	44,3	42,8	42,5	1,8	42,2	44,2	1,4
scheutlengte (cm)	93,9	94,4	95,1	2,6	93,7	95,2	1,5
specifiek takgewicht (g.cm ⁻¹)	0,46	0,45	0,44	0,01	0,44	0,46	0,01
aantal scheuten per plant	1,5	1,8	1,4	0,2	1,6	1,6	0,2
produktie per plant (g)	66,5	77,0	59,5	7,9	67,5	70,7	6,4
ontstaan (weken na inbuigen)	10,9	10,1	10,5		10,4	10,6	
groeiduur (dagen)	46,4	45,6	45,7	0,7	46,1	45,6	0,6

Tabel 16. Grondscheutontwikkeling bij verschillende daglengte en verrood nabelichting bij Frisco

Belichting	14 uur	17 uur	20 uur	LSD	rood	verrood	LSD
scheutgewicht	19,8	21	21,6	1,7	20,7	20,9	1,4
scheutlengte	53	55,5	57,3	1,8	54,9	55,6	1,5
specifiek takgewicht (g.cm ⁻¹)	0,37	0,37	0,37	0,01	0,37	0,37	0,01
aantal scheuten per plant	1,95	2,3	2,1	0,2	2,08	2,16	0,2
produktie per plant (g)	38,6	48,3	45,4	5,6	43,1	45,1	4,6
ontstaan (weken na inbuigen)	7,2	7,6	7,9		7,4	7,8	
groeiduur (dagen)	40,4	39,1	39,3	0,7	39,6	39,5	0,6

4.5 Discussie roos

Fotosynthese

Lichtverzadiging van de fotosynthese kwam bij de tijdens de onderzoeksperiode (van oktober tot april) voorkomende lichtsterktes niet voor. De hoogst gemeten blad-fotosynthesesnelheid (20 µmol CO₂ m⁻².s⁻¹, Madelon) werd gemeten bij een lichtsterkte van 1000 µmol PAR, een waarde die niet eens zoveel van de 's zomers in een kas voorkomende lichtsterktes afwijkt. Omdat tijdens het onderzoek bijna geen meetresultaten verzameld konden worden bij lichtsterktes van meer dan 1000 µmol, is niet duidelijk of de fotosynthese nog hogere waarden kan bereiken bij lichtniveaus boven 1000 µmol. Op grond van de meetresultaten tot nu toe kan wel geconcludeerd worden dat het momentane rendement van assimilatiebelichting in de periode van het jaar waarin bij de rozenteelt gebruik wordt gemaakt van assimilatiebelichting (september tot april) niet wordt beperkt door lichtverzadiging van de fotosynthese maar meer door de relatieve bijdrage aan de totale hoeveelheid groeilicht.

Uitgangsmateriaal

Het gevonden verschil in bloeipercantage tussen de Madelon-stekken met verschillende scheutlengte bij het planten laat zien dat het uitgangsmateriaal een belangrijke invloed heeft op de latere scheutontwikkeling. Bij rozen is de knoprust op een tak sterk afhankelijk van de positie op de tak. Hoe hoger de positie, hoe makkelijker een knop uitloopt (Zieslin en Mor, 1990). Het is aannemelijk dat deze gradiënt in knoprust ook terug te vinden moet zijn wanneer wordt gestekt. Dit laatste blijkt ook uit het werk van De Vries (1993). De vraag die op grond van de hierboven genoemde relatie tussen de scheutlengte bij het planten en de latere scheutontwikkeling kan worden gesteld is: zijn de gevonden verschillen in bloemvorming veroorzaakt door het plantstadium tijdens het planten van de stekken (misschien is er verband tussen de scheutlengte en de gevoeligheid voor ongunstige omstandigheden?) of door verschillen in knopkwaliteit tijdens het maken van de stek. In beide gevallen zal het percentage loze scheuten, door selectie van het plantmateriaal, beïnvloed kunnen worden. De selectie- en de behandelingsmethode van het plantmateriaal voor de twee hierbovengenoemde mogelijkheden zal echter wel verschillen.

Belichtingsregime

Naast de hoeveelheid, is ook het belichtingsregime van invloed op de scheutontwikkeling. Streckingsgroei, ontwikkelingssnelheid en aantal grondscheuten veranderde onder invloed van belichtingsregime bij gelijkblijvende hoeveelheid licht. Voor zowel Frisco als Madelon gaf een lichtperiode, bij gelijke lichthoeveelheid (dagsom), van 17 uur betere resultaten dan een lichtperiode van 14 of 20 uur.

Dit betekent dat de daglichtsom alleen niet gebruikt kan worden om de groei van een gewas te verklaren; bij gelijkblijvende daglichtsom kan de scheutontwikkeling bij rozen door verschillende daglengte worden beïnvloed. Ook Moe (1972) vond al in 1972 dat langedag-omstandigheden de bloemknopaanleg en ontwikkeling en de stengelstrekking van rozen bevorderde, vooral de strekking van de nek was gevoelig voor daglengte. Bij het onderzoek naar het effect van daglengte heeft Moe gloeilampen gebruikt. De rood/verrood-verhouding van het licht van gloeilampen is laag, terwijl het licht van SON-T-lampen juist een heel hoge rood/verrood-verhouding heeft. Het effect van daglengte op stengelstrekking lijkt daarom onafhankelijk van het effect van verrood op stengelstrekking. In het in dit rapport beschreven onderzoek werd door een verrood nabelichting de stengelstrekking weliswaar ook versterkt, maar in mindere mate dan door verlenging van de daglengte. Waarom de daglengte een rol speelt bij de gevonden effecten op scheutontwikkeling is uit het onderzoek niet duidelijk geworden. Carpenter et al (1972) vonden een positief effect van dagverlenging met 12 μmol PAR (mengsel van gloeilamp en grolux) op de produktie van vier rozecultivars. Het positieve effect was in de periode maart-april groter dan in de periode november-december. Door de hogere instraling in de eerstgenoemde periode zijn meer assimilaten beschikbaar. Mogelijk staat de assimilatenverdeling onder invloed van de daglengte en worden onder invloed van langedag minder reservestoffen opgeslagen, die in plaats daarvan direct ten goede komen aan de scheutgroei. Voor meer duidelijkheid hierover is meer gedetailleerd onderzoek naar de invloed van lichtkwaliteit en daglengte op de assimilatenverdeling nodig.

Een ander punt dat aandacht verdient is het effect van de bijbelichting op de bladmorphologie. Bij Madelon werd het bovenste drieblad groter bij een lichtperiode van 17 en 20 uur dan bij een lichtperiode van 14 uur. De bladdikte van dit blad veranderde echter niet. Opvallend was dat wanneer werd gekeken naar alle bladeren bij een lichtperiode van 20 uur, een toename van de bladdikte werd gevonden en een afname

van de totale bladoppervlakte. De bladontwikkeling bij de gegeven belichtingen was bij een daglengte van 17 en 20 uur afhankelijk van de positie van het blad op de scheut. Dit lijkt op een interactie tussen belichtingsduur en lichtkwaliteit. Een verrood nabelichting had geen effect op de bladmorphologie of bladgrootte. Een hoge rood/verrood-verhouding op het blad gedurende langere tijd echter wel. Het licht dat op de lager gelegen bladeren valt heeft, door de filterwerking van de hoger gelegen bladeren, een veel lagere rood/verrood-verhouding dan het door de bovenste bladeren opgevangen licht. Dit laatste is misschien de oorzaak voor de gevonden verschillen tussen het bovenste blad en de overige bladeren aan een tak.

5 Eustoma

Eustoma grandiflorum (synoniem: *Lisianthus russellianum*) hoort bij de familie van de Gentianaceae en komt van nature voor in het zuidelijk gedeelte van de V.S. De teeltduur is in vergelijking met andere uit zaad gekweekte gewassen erg lang. Tussen het zaaien en de eerste bloei ligt een periode van 5 tot 7 maanden. De kieming van het zaad is afhankelijk van licht.

Eustoma lijkt een daglengtegevoelige soort wat betreft de bloemontwikkeling. De literatuur is hierover echter niet eenduidig (zie o.a. Halevy en Kofranek 1984; Roh et al, 1985; Roh en Lawson, 1984; Van Leeuwen et al, 1987). Wanneer melding wordt gemaakt van een reactie op daglengte gaat het om een positief langedag-effect op bloemknopontwikkeling. Uit recent onderzoek door T. Blacqui re (Proefstation voor de Bloemisterij) met *Eustoma grandiflorum* 'Fuji blue', 'Kyoto Picotee Blue' en 'Yodel white' bleek dat de ontwikkelingssnelheid van bloemen met de daglengte kon worden be nvloed. De bloei bij een lichtperiode van 16 en 14 uur viel veel vroeger dan bij 12 en 10 uur (resultaten nog niet gepubliceerd). Van der Krogt (1985) vond bij bloeivervroeging door dagverlenging in sommige gevallen een afname van het aantal bladeren op de tak.

Ook de temperatuur blijkt in sommige gevallen een belangrijke rol te spelen bij de scheutontwikkeling (Fauchier, 1992; Pergola, 1991; Van der Krogt, 1985). Door verhoging van de teelttemperatuur kan de periode tussen zaai en de eerste bloei belangrijk worden verkort. Versnelling van de ontwikkeling door verhoging van de temperatuur gaat echter ten koste van de steelstevigheid, steeldikte, steellengte en het aantal gevormde bladeren (Van der Krogt, 1985). Bij te hoge temperatuur tijdens de opkweek van het zaaigoed neemt bovendien de kans op rozetvorming toe.

Onder Nederlandse omstandigheden valt de aanvoerperiode tussen april tot en met november. In de periode daarbuiten is de aanvoer erg laag. Verschillende telers proberen met behulp van assimilatiebelichting een jaarrondteelt te realiseren, tot nu toe met wisselend succes. Wanneer de bloemontwikkeling van de in de praktijk gebruikte Eustomacultivars inderdaad onder invloed staat van daglengte kan hierop met het belichtingsregime worden ingespeeld. Gebruik van de mogelijkheid om met het belichtingsregime de groei en ontwikkeling van Eustoma in de gewenste richting te sturen kan bovendien het rendement van de gegeven belichting verhogen.

5.1 Materiaal en methode

Op 23 juli 1992 in Multicellbakken met veenpluggen gezaaide planten van de cultivar 'Fuji donker blauw' zijn 7 oktober geplant in tempex goten gevuld met perliet fractie 1 (zie ook hoofdstuk 3 en Bijlage 1). Bij het planten is een dichtheid aangehouden van 64 planten.m⁻² (4 rijen per goot). De belichtingsregimes (Tabel 2) met daglengtes van 14, 17 of 20 uur met of zonder een verrood nabelichting zijn gegeven vanaf het moment van planten. Voor iedere lichtbehandeling zijn vier goten (met elk 120 planten) gebruikt. Op het moment van planten waren twee volledig ontvouwen bladparen aanwezig. Bij het planten is geselecteerd op de spanwijdte van het bovenste bladpaar; daarbij is onderscheid gemaakt tussen planten met een spanwijdte van respectievelijk 2-3 cm en 3-4 cm. Bij de metingen zijn de randrijen buiten beschouwing gelaten. Takken werden geoogst zodra de eerste bloem geopend was. De laatste takken zijn 25 maart 1993 geoogst. Bij het oogsten is teruggeknipt op de onderste twee bladparen. De meetresultaten zijn gemiddeld per bak. Deze gemiddelden zijn gebruikt voor het berekenen van de LSD-waarden met een onbetrouwbaarheid van 5% (n=24).

5.2 Resultaten

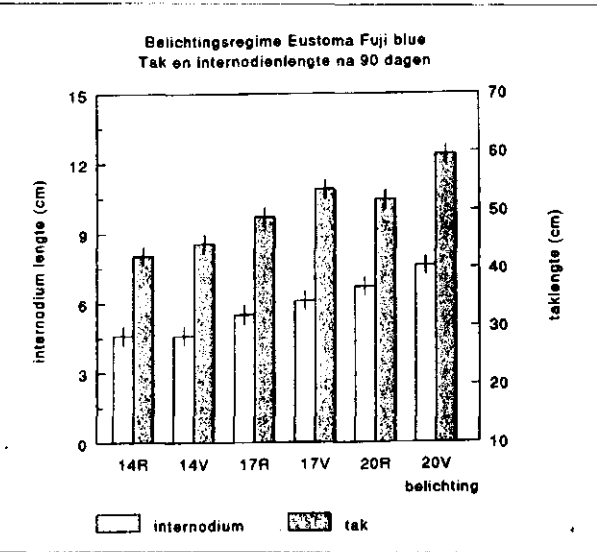
Steekproef negentig dagen na het planten

Negentig dagen na het begin van de behandelingen, vlak voordat de eerste bloemtakken het oogststadium (open en meeldraden zichtbaar) hadden bereikt, is uit iedere bak een steekproef van vijf takken genomen (in totaal 120 takken) om het effect van de behandelingen op de ontwikkeling van de planten tot op dat moment te kunnen bepalen.

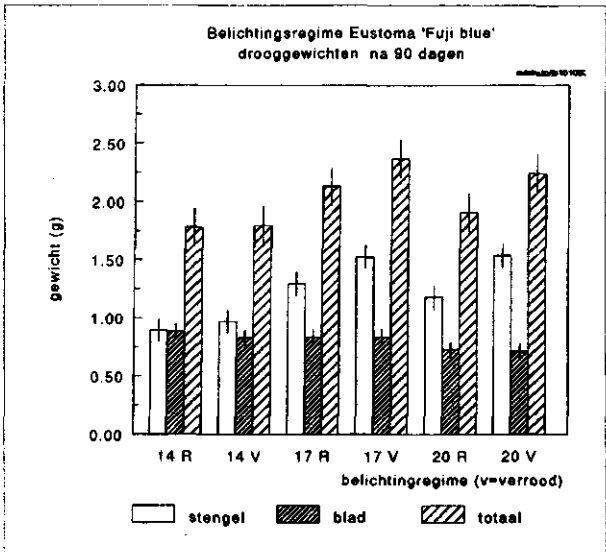
Onder invloed van een langere lichtperiode nam de internodiumstrekking toe. Het aantal afgesplitste bladeren en daardoor het aantal internodia, nam onder die omstandigheden echter iets af. Desondanks was de taklengte negentig dagen na het begin van de behandelingen bij een daglengte van 17 en 20 uur respectievelijk 19 en 29% groter dan bij een daglengte van 14 uur. Door de verrood nabelichting werd de internodiumstrekking nog eens extra vergroot, vooral bij een daglengte van 17 en 20 uur (Figuur 5; Tabel 17).

Tabel 17. De invloed van daglengte en verrood nabelichting op de takopbouw van Eustomaplanten, 90 dagen na het planten. SLA = specifieke bladoppervlakte (cm² per gram drogestof)

Lengte lichtperiode	14 uur		17 uur		20 uur		LSD
	Rood	Verrood	Rood	Verrood	Rood	Verrood	
Totaal versgewicht (g)	16,1	15,9	17,6	19,1	15,8	17,4	1,7
Stengelversgewicht (g)	6,9	7,4	9,1	10,4	8,4	10,2	1,6
Bladversgewicht (g)	9,2	8,6	8,5	8,6	7,4	7,2	1,0
Aantal bladparen	9,4	9,5	9,1	8,9	8	8	0,8
Bladoppervlakte (cm²)	305	287	281	284	251	248	45
Oppervlakte per bladpaar (cm²)	32,3	30,7	31,2	32,2	31,4	31,4	5,2
SLA (cm² blad/g droog blad)	348	350	340	336	343	350	40



Figuur 5. Tak- en internodiumlengte van Eustoma 'Fuji donker blauw' 90 dagen na planten (±s.e.).



Figuur 6. Drooggewicht van stengel en blad van 'Fuji donker blauw' 90 dagen na planten (± s.e.).

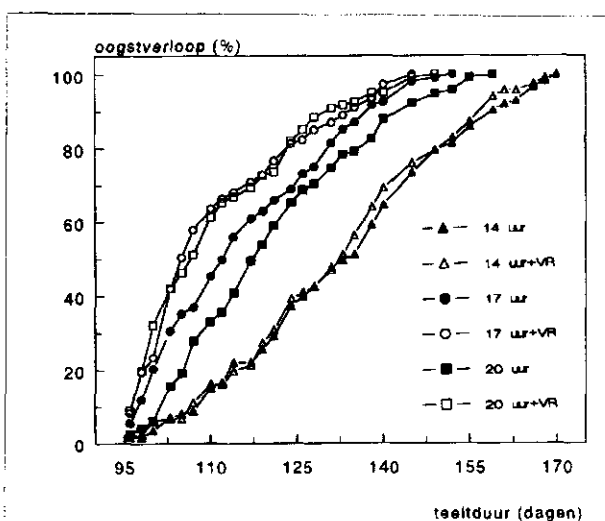
Hoewel de lengte van de lichtperiode en de verrood nabelichting beide van invloed waren op lengte van de internodia, werd het aantal internodia (aantal bladparen) en de hoeveelheid blad alleen door de daglengte beïnvloed. De planten opgekweekt bij de langste daglengte hadden na 90 dagen het minste aantal bladparen.

Het vers- en drooggewicht van de takken was bij een daglengte van 17 of 20 uur het hoogst (Figuur 6), de trend was dat een verrood nabelichting het versgewicht bij 17 en 20 uur iets verhoogde. Dat het totaal plantgewicht, ondanks een kleinere bladoppervlakte bij een daglengte van 17 en 20 uur, gelijk en zelfs hoger was dan bij een daglengte van 14 uur, zou veroorzaakt kunnen zijn door de grotere internodia waardoor een meer open gewas is ontstaan, met een betere lichtonderschepping.

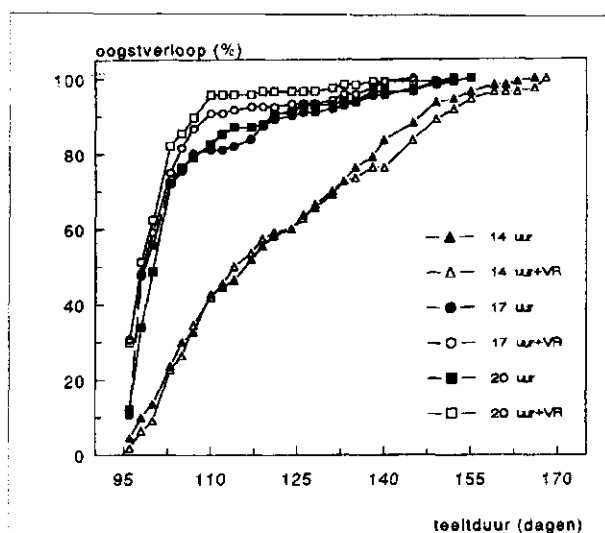
Hoe langer de lichtperiode, hoe groter het aandeel van de stengel in het totaal drooggewicht. Door de verrood nabelichting nam het gedeelte van de drogestof vastgelegd in de stengel ook toe. Terwijl het aantal bladparen, de totale bladoppervlakte en het gewichtsaandeel van het blad op het totaalgewicht afnamen onder invloed van een langere lichtperiode, werd de bladdikte (SLA) en de gemiddelde bladgrootte niet door de behandelingen beïnvloed (Tabel 17). De gevonden verschillen in bladoppervlakte zijn dus vooral veroorzaakt door een verandering van het totaal aantal afgesplitste bladeren.

Geoogste takken

De gemiddelde teeltduur was zowel afhankelijk van de plantgrootte bij het begin van de teelt als de verschillende belichtingen. Planten waarvan de spanwijdte van het bovenste bladpaar op het moment van planten 3-4 cm was, zijn gemiddeld 12 dagen eerder geoogst dan planten van 2-3 cm. Door verlenging van de daglengte van 14 naar 17 en 20 uur werd de oogst vervroegd en nam bovendien de duur van de oogstperiode af. Opvallend was dat, bij de planten met een spanwijdte van 2-3 cm bij het planten, een verrood nabelichting de duur van de oogstperiode en de gemiddelde teeltduur verkortte bij zowel 17 als bij 20 uur, maar dat een verrood nabelichting op het oogstverloop bij een daglengte van 14 uur geen effect had (Figuur 7 en 8 ; Tabel 18).



Figuur 7. Oogstverloop van Eustoma 'Fuji donker blauw' plantgrootte 2-3 cm.



Figuur 8. Oogstverloop van Eustoma 'Fuji donker blauw' plantgrootte 3-4 cm.

Tabel 18. De invloed van de lichtperiode, verrood nabelichting en plantgrootte op het oogstverloop van *Eustoma grandiflorum* 'Fuji Blue', uitgedrukt als het gemiddeld aantal dagen na planten tot 25%, 75% en 100% oogst (* = geschatte waarden).

Plantgrootte		2-3cm							3-4cm							
Daglengte		14 uur		17 uur		20 uur		LSD	14 uur		17 uur		20 uur		LSD	
Nabelichting		R	VR	R	VR	R	VR	(5%)	R	VR	R	VR	R	VR	(5%)	
25% oogst		119	118	101	100	106	99	5,6	103	104	97	95*	97	95*	5,6	
75% oogst		146	144	128	120	130	121	7,1	134	137	105	103	104	102	7,1	
25-75% oogst		27	26	27	20	25	22	4,1	31	33	8	8*	7	7*	4,1	
teeltduur (dagen)		134	133	116	112	121	111	6,1	121	122	106	103	105	101	6,1	

Het verschil in grootte van het uitgangsmateriaal vertaalde zich bij het grootste uitgangsmateriaal in een kortere teeltduur, eerdere bloei, kortere en lichtere takken bij de oogst (Tabel 19); bij het uitgangsmateriaal van 2-3 cm viel de bloei later, maar de uiteindelijk geoogste takken waren langer dan van het grotere uitgangsmateriaal.

Tabel 19. De invloed van de grootte van het uitgangsmateriaal op de kwaliteit van de geoogste takken van *Eustoma grandiflorum* 'Fuji Blue'

Spanwijdte bovenste bladpaar	2-3 cm	3-4 cm	LSD (5%)
Positie zijtak	6,24	5,33	0,4
Taklengte	61,0	57,6	1,7
Versgewicht	26,7	24,7	2,0
Internodiumlengte (mm)	58,7	60,4	1,3
Aantal bladparen	10,7	9,8	0,4
Internodiumpositie bloem	7,1	6,2	0,4

Verkorting van de teeltduur werd vooral veroorzaakt door het in een lagere bladoksel uitgroeien van de eerste bloemknoppen (Tabel 20). Het aantal bloemen per tak werd niet door de behandelingen beïnvloed. Gemiddeld had iedere tak 2,3 ($\pm 0,14$) open of gekleurde knoppen. Versnelling van de bloei en, daardoor verkorting van de teeltduur, ging ten koste van het takgewicht bij de oogst. Afname van het aantal internodia onder de eerste bloem door de gegeven belichtingen ging gepaard met een grotere internodiumlengte, waardoor de uiteindelijke taklengte niet of nauwelijks verminderde.

Opvallend was dat in bladoksels onder de eerst uitgegroeide bloemknop al kleine (tot 2 mm) bloemknoppen aanwezig waren. Deze knoppen groeiden echter niet uit. Bij sommige takken was, duidelijk zichtbaar met behulp van een microscoop (vergroting 10-50x), zelfs bij het vierde bladpaar onder de eerste echte bloem nog een bloemknop aanwezig. De indruk was zelfs dat, gerekend vanaf de wortels, bij alle planten van de verschillende behandelingen de eerste bloemknoppen op eenzelfde hoogte (bladoksel) aanwezig waren (geen verdere data bekend) maar dat de knoprust, afhankelijk van de teeltomstandigheden, pas bij hoger gelegen bloemknoppen werd doorbroken.

Tabel 20. De invloed van daglengte en verrood nabelichting op de geoogste takken van Eustoma.

	Lengte lichtperiode		14 uur		17 uur		20 uur		LSD
	Nabelichting		Rood	Verrood	Rood	Verrood	Rood	Verrood	
Taklengte (cm)			60,6	62	55,7	56	59	63	3
Versgewicht (g)			30,7	31,9	24,8	21,3	23,4	22,1	3,5
Aantal bladparen			12	12	9,9	9,1	9,6	8,9	0,7
Internodiumlengte (cm)			5	5,2	5,7	6,3	6,2	7,3	0,2
Bladoksel eerste bloem			8,1	8,1	6,1	5,7	6,2	5,7	0,6

5.3 Discussie Eustoma

In tegenstelling wat door Halevy en Kofranek (1984) werd gevonden bleek in dit onderzoek een significant effect van de fotoperiode op het bloeitijdstip. Zonder dat het aantal bloemen per tak veranderde, nam het aantal dagen tot bloei onder invloed van een langere lichtperiode af. De bloeivervroeging werd veroorzaakt door een afname van het aantal internodia onder de eerste bloem. Omdat een langere lichtperiode tegelijkertijd de internodium- en daardoor ook de stengelstrekking stimuleerde ging bloeivervroeging nauwelijks ten koste van de taklengte. Een lichtperiode van 20 uur gaf geen extra bloeivervroeging ten opzichte van een lichtperiode van 17 uur. De stengelstrekking werd door deze langere lichtperiode echter nog extra gestimuleerd. Een verrood nabelichting veroorzaakte bij alle daglengtes extra stengelstrekking. Dit effect was groter (absoluut gezien) naarmate de fotoperiode langer was. Verrood nabelichting van het kleinste uitgangsmateriaal veroorzaakte bij een daglengte van 17 en 20 uur bovendien een kleine bloeivervroeging en verkorting van de oogstperiode.

Eustoma is een goed voorbeeld van een gewas waarbij assimilatiebelichting energie levert voor groei en tegelijkertijd door de verandering van daglengte en lichtkwaliteit de gewasontwikkeling kan sturen. Door het aanhouden van een lange lichtperiode kan de uitgroei van bloemknoppen worden vervroegd en de oogstperiode verkort. De eerste bloem wordt echter wel lager op de stengel aangelegd. Onder invloed van een korte lichtperiode worden de takken zwaarder (stengelstrekking minder sterk), maar neemt de teeltduur toe. Toepassing van assimilatiebelichting zonder met de gevoeligheid van Eustoma voor daglengte en lichtkwaliteit rekening te houden kan het rendement van de bijbelichting verminderen.

6 Nabeschouwing

Omdat de produktie van planten in direct verband staat met de hoeveelheid licht is het niet vreemd dat gedurende de wintermaanden met assimilatiebelichting forse opbrengstverhogingen mogelijk zijn. Met de in de praktijk veel gebruikte belichtingssterkte van $36 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ (3000 lux) en lichtperiode van 18-20 uur komt dan al gauw meer dan de helft van de dagelijkse hoeveelheid groeilicht van de bijbelichting. Voor de beoordeling van de invloed van assimilatiebelichting op de produktie is het belangrijk om de bijdrage van het bijgegeven licht te relateren aan de totale hoeveelheid licht. Hoe groter die bijdrage, hoe groter het te verwachten effect. Gezien de resultaten van de fotosynthesemetingen aan bladeren van Madelon is lichtverzadiging van de fotosynthese een factor die tijdens de winterperiode een te verwaarlozen rol speelt in het uiteindelijke rendement van de gegeven belichting op de produktie van Madelon.

Los van de hoeveelheid licht is de manier waarop dit licht wordt gegeven van invloed op het uiteindelijke rendement. Zowel bij de onderzochte rozen Madelon en Frisco als bij Eustoma 'Fuji donker blauw', heeft het lichtregime invloed op de manier waarop de planten reageren op een gegeven hoeveelheid assimilatiebelichting. Bij de onderzochte rozen gaf een lichtperiode van 17 of 20 uur betere resultaten dan een lichtperiode van 14 uur, met name wat betreft het bloeipercantage, scheutlengte en de groeisnelheid van de scheuten. Verlenging van de lichtperiode van 17 naar 20 uur leverde geen extra voordeel meer op en had bij Madelon zelfs een negatieve invloed op de ontwikkeling van grondscheuten.

Eustoma 'Fuji donker blauw' reageerde duidelijk op de lengte van de lichtperiode. Bij een daglengte van 14 uur worden meer bladparen afgesplitst voordat de eerste bloemen uitgroeien dan bij een langere daglengte. Hierdoor worden de takken zwaarder, maar nauwelijks langer, dan de takken die bij een langere lichtperiode zijn opgekweekt. Deze reactie kan worden gebruikt door de bijbelichting te gebruiken om de lengte van de lichtperiode aan te passen aan de gewenste plantontwikkeling.

7 Referenties

- Blacqui re, Tj. 1987. Fysiologische aspecten: meer dan produktieverhoging. Vakblad voor de Bloemisterij **37**:25
- Boardman, N.K., 1977. Comparative photosynthesis of sun and shade plants. Ann. Rev. Plant Physiol. **28**:355-358
- Bredmose, N. 1993. Effect of year-round supplementary lighting on shoot development, flowering and quality of two glasshouse rose cultivars. Scientia Hortic. **54**: 69-85.
- Bredmose, N., 1994. Biological efficiency of supplementary lighting on cut roses the year round. Scientia Hortic. **59**: 75-82.
- Carpenter, W.J., Rodriguez, R.C. Carlson, W.H., 1972. Effect of daylength on the growth and flowering of roses (*Rosa hybrida*). J. Amer. Soc. Hort. Sci. **97**:135-138.
- De Graaf- van der Zande, M.Th., Blacqui re, T., Van Mourik, N., 1992. Bloei be nvloeding van *Ranunculus asiaticus* met behulp van daglengte. Rapport **150**, PBN Aalsmeer. ISN 0921-710X.
- De Graaf van der Zande, M.Th., Krijger D., 1993. Spelen met daglengte levert wel spreiding op maar geen produktieverhoging. Vakblad voor de Bloemisterij **4**: 30-33.
- De Hoog, J. Jr. 1993. Teelttemperatuur heeft tweeledige werking: verklaring en behandeling van loos bij roos. Vakblad voor de Bloemisterij **3**: 40-41.
- De Kreij, C. 1985. Voedingsoplossingen voor de teelt van rozen in kunstmatige substraten. Serie voedingsoplossingen in de glastuinbouw nr. 5. PTG Naaldwijk, PBN Aalsmeer en Consulentschappen voor de tuinbouw. 44p.
- De Vries, D.P. 1993. The vigour of glasshouse roses. Proefschrift ter verkrijging van de graad van doctor in de landbouw- en milieuwetenschappen. Landbouwuniversiteit Wageningen.
- Dubois, L.A.M. 1987. De rol van grondscheuten bij bloemproductie kasrooszaailingen. Landbouwkundig tijdschrift. **3**: 24,25
- Dubois, L.A.M. 1990. Grondscheuten zijn de basis voor produktie snijrozen. Vakblad voor de Bloemisterij, **30**: 30-33.
- Fauchier P. 1992. Le Lisianthus, une fleur   d couvrir. Revue Horticole **323**: 38-47.
- Hacket, W.P., Sachs, R.M., 1966. Flowering in *Bougainvillea* 'San Diego Red'. J. Am. Soc. Hort. Sci. **88**: 606-612.
- Halevy, A.H., Kofranek A.M., 1984. Evaluation of lisianthus as a new flower crop. Hortscience **19**: 845-847.
- Jiao, J., Tsujita, M.J., Grodzinski, B., 1988. Predicting growth of Samantha roses at different light, temperature and CO₂ levels based on net carbon exchange. Acta Hort. **230**: 435-442.
- Jiao, J. 1989. Predicting growth response of greenhouse roses to aerial environments based on CO₂ exchange studies. Ph.D. thesis, Univ. of Guelph, Ontario.
- Jiao, J., Tsujita, M.J., Grodzinski, B. 1991. Optimizing aerial environments for greenhouse rose production utilizing whole-plant net CO₂ exchange data. Can. J. Plant Sci. **71**: 253-261.
- Jiao, J., Tsujita, M.J., Grodzinski, B. 1991. Influence of temperature on net CO₂ exchange in roses. Can. J. Plant Sci. **71**: 235-243.
- Jiao, J., Tsujita, M.J., Grodzinski, B. 1991. Influence of radiation and CO₂ enrichment on whole plant net CO₂ exchange in roses. Can. J. Plant Sci. **71**: 245-252.
- Kipp, J.A., Wever, G. 1993. Wortelmedia. Informatiereeks No. 103. Proefstation voor Tuinbouw onder glas Naaldwijk. 48p.
- Kromwijk, A., Van Mourik N., Boer C., Akse, F. 1992. Roos Sonia 'Sweet Promise' op veertien onderstammen en de eigen wortel geteeld op steenwol. Rapport 144. Proefstation voor de Bloemisterij Aalsmeer. 24p
- Kinet, J.M., 1977. Effect of light conditions on the development of the inflorescence in tomato. Sci. Hort. **6**: 15-26.

- Kosh-Khui, M., George, R.A.T. 1977. Responses of glasshouse roses to light conditions. *Scientia Hortic.*, **230**: 435-442.
- Louwerse, W., Van der Zweerde, W. 1977. Photosynthesis, transpiration and leaf morphology of *Phaseolus vulgaris* and *Zea mays* grown at different irradiances in artificial and sunlight. *Photosynthetica* **1**: 11-21
- Mae, T., Vonk C.R., 1974. Effect of light and growth substances on flowering of *Iris X Hollandica* 'Wedgewood'. *Acta. Bot. Neerlandica* **23**: 321-331.
- Moe, R. 1972. Effect of daylength, light intensity and temperature on growth and flowering of roses. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* **96**: 796-800.
- Moe, R. 1987. Supplementary lighting for greenhouse crops, basic effects on photosynthesis and growth. Ahlemer Assimilationstag March 4, 1987. 22p
- Mor, Y. Halevy, A.H. 1980. Promotion of sink activity of developing rose shoots by light. *Plant. Physiol.* **66**: 990-995.
- Mor, Y., Halevy, A.H. 1984. Dual effect of light on flowering and sprouting of rose shoots. *Physiol. Plant.* **61**: 119-124
- Mortensen L.M., Gislerød H.R., Mikkelsen, H. 1992. Maximizing the yield of greenhouse roses with respect to artificial lighting. *Norwegian Journal of Agricultural Sciences* **6**: 27-34.
- Mortensen L.M., Gislerød H.R., Mikkelsen, H. 1992a. Effects of different levels of supplementary lighting on de the year round yield of cut roses. *Gartenbauwissenschaft* **4**: 198-202
- Pergola G. 1991. The need for vernalization in *Eustoma russellianum*. *Scientia Hortic.* **51**, 123-127.
- Roh, M.S., Halevy, A.H. and Wilkins, H.F. 1985. *Eustoma grandiflorum*. In *Handbook of flowering* (A.H. Halevy, Ed.), Vol. II, 322-327. CRC press, Boca Raton.
- Roh, M.S., Lawson, R.H. 1984. The lure of Lisianthus. *Greenhouse Manager*, 103, 104, 108, 110, 112-114, 116-121.
- Salisbury, F.B., Ross, C.W. 1985. *Plant physiology*. Third edition. International Thomson Organisation, 540p.
- Salisbury, F.B., Ross, C.W. 1992. *Plant physiology*. Fourth edition. Wadsworth Publishing Company Belmont, California. 682p.
- Slootweg, G., 1993. Waterhuishouding van belichte en onbelichte rozen. Uit. maandverslag PBN maart 1993.
- Sonneveld, C., Straver, N. Voedingsoplossingen voor groenten en bloemen geteeld in water of substraten. Serie voedingsoplossingen voor de glastuinbouw no. 8. PTG te Naaldwijk, PBN te Aalsmeer en Consulentschappen voor de tuinbouw. 35p
- Taiz, L., Zeiger, E. 1991. *Plant physiology*. Benjamin/Cummings California. 599p
- Urban, L. Langelez, I. 1992. Effect of high-pressure mist on leaf water potential, leaf diffusive conductance, CO₂ fixation and production of cultivar 'Sonia' rose plants grown in rockwool. *Scientia Hortic.*, **50**: 229-244
- Van der Krogt, Th. M. 1985. *Eustoma russellianum*. Teeltproeven met Eustoma als snijbloem. Rapport **36**. Proefstation voor de Bloemisterij in Nederland. 14p.
- Van Leeuwen, G., Vogelezang, J., Van der Wiel, A. 1992. Assimilatiebelichting bij een volgroeid rozegewas. *Vakblad voor de Bloemisterij* **41**: 40-43.
- Van Leeuwen *et al.* 1987. Teelt van zomerbloemen. *Bloementeeltingformatie* No.15. Consulentschap in Algemene Dienst voor de Bloemisterij. pp 116-118.
- Van Meeteren, 1981. Light-controlled flower-bud abscission of liliun 'Enchantment' is not mediated by photosynthesis. *Acta Hort.* **128**: 37-43.
- Van Rijssel, 1992. Belichtingsonderzoek roos. Economische evaluatie, voorlopige conclusies na afloop van het tweede teeltjaar. Interne notitie PBN.
- Zieslin, N., Mor, Y. 1990. Ligth on roses a review. *Scientia Horticulturae*, **43**: 1-14

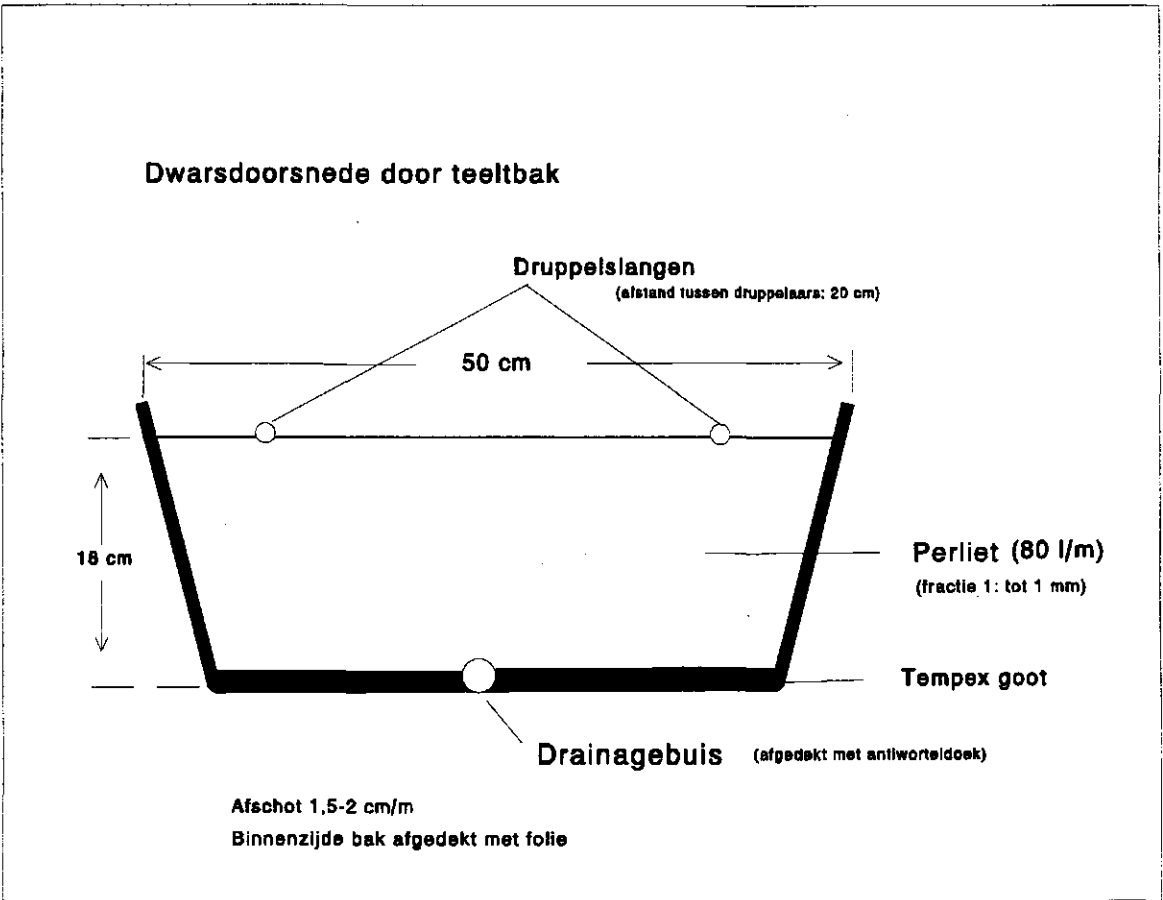
Bijlage 1. Beschrijving van gebruikte perliet en teeltsysteem.

Fysische gegevens fijne perliet (Pull, Agra perliet fractie 1: korrelgrootte tot 1 mm)
Bron: Kipp, J.A., Wever, G. 1993.

Perliet is een chemisch inert substraat en bevat geen organisch materiaal. De pH is niet gebufferd en is ongeveer 6,5-7,5. De EC is laag (0,1) en het bufferend vermogen voor nutriënten is vrijwel nihil. Perliet is een stabiel substraat maar kan verpulveren bij mechanische bewerkingen. De bulkdichtheid is 94 kg/m³ en perliet kent geen hysteresis (het waterhoudend vermogen bij een bepaalde drukhoogte of vochtspanning is onafhankelijk van de manier waarop die drukhoogte is bereikt; door uitdrogen of door bevochtigen. Het poriënvolume van fijne perliet is 97%.

Tabel B1. Verband tussen de drukhoogte en de volumefracties water en lucht

drukhoogte (cm)	-3.2	-10	-36	-50	-100
pF-waarde	0.5	1.0	1.5	1.7	2.0
Volume% water	70	70	46	40	39
Volume% lucht	27	27	51	57	58



Bijlage 1. Schematische tekening (dwarsdoorsnede) van de gebruikte goten

Bijlage 2. Proefopzet en kasindeling.

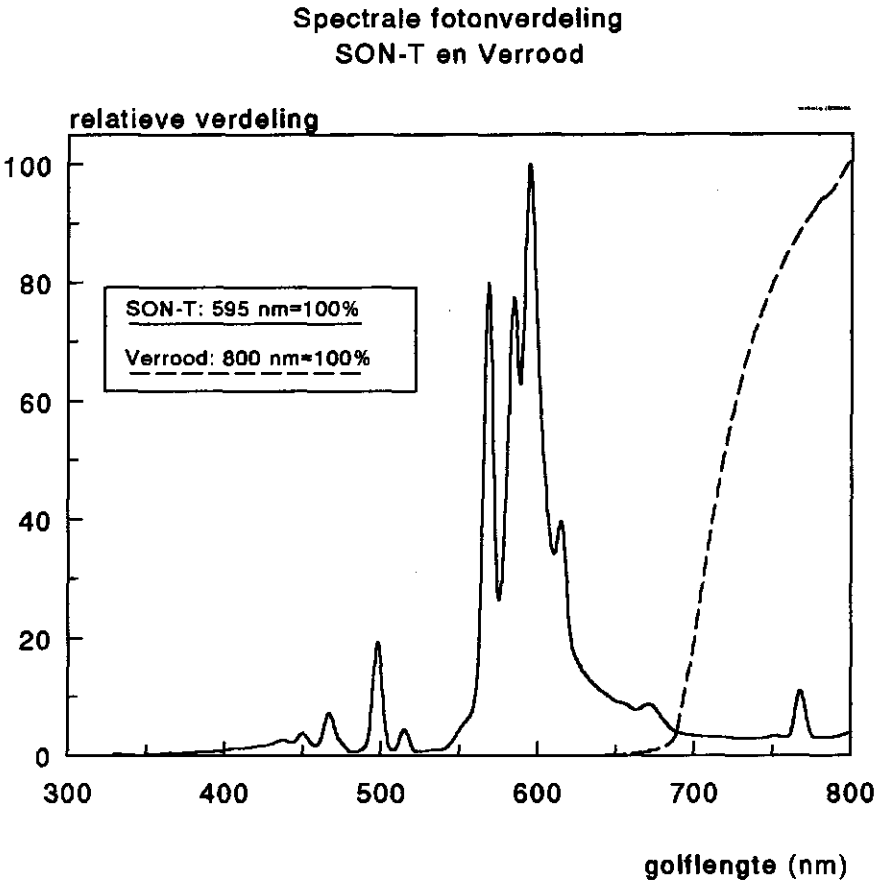
Overzicht lichtbehandeling per kasafdeling

17 uur	20 uur	14 uur
Verrood	Verrood	Verrood
20 uur	14 uur	17 uur
Verrood	Verrood	Verrood

Verdeling van de planten over een afdeling

Eustoma	Eustoma	GS=Grondscheut DS=Dubbel Scheut ES=Enkele Scheut
Roos GS	Roos GS	
Roos DS	Roos DS	
Roos ES	Roos ES	
Roos GS	Roos GS	
Roos DS	Roos DS	
Roos ES	Roos ES	
Roos GS	Roos GS	
Roos DS	Roos DS	
Roos ES	Roos ES	
Eustoma	Eustoma	

Bijlage 3. Stralingsspectrum SON-T en Verrood



VI Effecten van gesimuleerd buurmanlicht

J.A. Bakker & T. Blacquièrè

Proefstation voor de Bloemisterij
Linnaeuslaan 2a
1431 JV AALSMEER
Tel. 02977-52525

ISSN 0921-710X

EFFECTEN VAN
GESIMULEERD BUURMANLICHT

PBN projectnummer 1707-3

Rapport 143

Prijs f10,-

Ir. J.A. Bakker
9 juli 1992

Rapport nr. 143, is te bestellen door het storten van f10,- op girorekening 17 48 55 ten name van Proefstation Aalsmeer onder vermelding van 'Rapport 143, Buurmanlicht'

GEBRUIKTE EENHEDEN AFKORTINGEN EN BEGRIPPEN

lux	lichtsterkte volgens menselijke ooggevoeligheid ($\text{lumen m}^{-2}\text{s}^{-1}$)
mol	hoeveelheid deeltjes, $1 \text{ mol} = 6,023 \cdot 10^{23}$ deeltjes (o.a. fotonen = lichtdeeltjes)
nm	nanometer (10^{-9} meter), eenheid waarin de golflengte van waarneembare straling wordt uitgedrukt
PAR	photosynthetically active radiation (Watt/m^2), hoeveelheid voor fotosynthese bruikbare stralingsenergie uit het golflengtegebied tussen 400 en 700nm.
PPFD	photosynthetic photon flux density ($\mu\text{mol fotonen m}^{-2}\text{s}^{-1}$), aantal voor de fotosynthese bruikbare lichtdeeltjes $\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ uit het golflengtegebied tussen 400 en 700nm.
Stuurlicht	Straling die door een plant wordt gebruikt om zijn groei en ontwikkeling aan de omgeving aan te passen
Groeilicht	Straling voor fotosynthese, sterk genoeg om groei mogelijk te maken.
Fotosynthese	Proces waarbij stralingsenergie door een plant wordt omgezet in voor de groei bruikbare chemische energie
Kritische daglengte	De lengte van de lichtperiode waarboven (langedag plant) of waaronder (kortedagplant) de fotoperiodische reactiesnelheid maximaal is
Kortedagplant	Plant met een maximale fotoperiodische reactiesnelheid bij een lengte van de daglichtperiode gelijk of korter dan de kritische daglengte.
Langedagplant	Plant met een maximale fotoperiodische reactiesnelheid bij een lengte van de daglichtperiode gelijk of langer dan de kritische daglengte.

VOORWOORD

Dit onderzoek is onderdeel van het door de NOVEM medegefinancierde project 'Neveneffecten van assimilatiebelichting'.

Plantmateriaal werd beschikbaar gesteld door:

- Plantenkwekerij Grootscholten b.v. Naaldwijk
- Sahin zaden Alphen aan de Rijn
- NTS orchidieeën

INHOUD

GEBRUIKTE EENHEDEN AFKORTINGEN	3
SAMENVATTING	5
SUMMARY	6
1 INLEIDING	7
2 ALGEMENE INFORMATIE OVER DE ONDERZOCHE GEWASSEN	8
2.1 <i>Callistephus</i>	8
2.2 Chrysant	8
2.3 <i>Cymbidium</i>	9
2.4 <i>Fuchsia</i>	10
2.5 Poinsettia	10
2.6 Komkommer	10
2.7 Tomaat	11
3 MATERIAAL EN METHODE	12
3.1 μmol als eenheid voor lichtsterkte	12
3.2 Proefopzet	12
3.3 Manier van telen	14
3.4 Verwerking van de resultaten	14
4 RESULTATEN EN DISCUSSIE	15
4.1 Komkommer	15
4.2 Tomaat	18
4.3 <i>Callistephus</i>	20
4.4 Chrysant	21
4.5 <i>Fuchsia</i>	24
4.6 Poinsettia	25
4.7 <i>Cymbidium</i>	26
5 SAMENVATTENDE DISCUSSIE EN CONCLUSIES	28
6 REFERENTIES	29
Bijlage 1: Lichtmetingen ter ondersteuning van het onderzoek naar buurmanlicht	31

SAMENVATTING

Bij toepassing van assimilatiebelichting straalt een gedeelte van het licht door de gevel en het dek naar buiten. Als gevolg van de concentraties van glastuinbouw en de kleine onderlinge afstand tussen de kassen van verschillende telers bereikt het licht in veel gevallen ook het gewas van de buurman. Nadat in 1988 problemen waren ontstaan door dit 'buurmanlicht' is door het Landbouwschap een verordening opgesteld waarin de uitstraling door de gevels is geregeld. Na het van kracht worden van deze verordening zijn de meeste klachten verdwenen. Door het kasdek uitstralend licht wordt door bewolking gereflecteerd en verspreid over de omgeving. Vooral bij lage bewolking en hoge concentraties van belichtende bedrijven kan de lichtsterkte 's nachts in de omgeving van deze bedrijven waarden bereiken van $0,10 \mu\text{mol PAR}$. Om na te gaan of en wanneer dit licht de ontwikkeling van een gewas kan beïnvloeden is onderzoek gestart naar het effect op enkele bloemisterij- en groentegewassen van $0,05$ en $0,20 \mu\text{mol PAR}$ (ongeveer 4 en 16 lux) SON-T licht in de eerste of in de tweede helft van de nacht. Bij de lichtbehandelingen was de duur van de belichting acht uur, de donkerperiode zes uur en de periode met daglicht tien uur. De proeven zijn uitgevoerd in het fototron van het PBN. Onderzochte gewassen zijn chrysant, poinsettia, *Fuchsia*, zaaiaster, komkommer, tomaat en *Cymbidium* (lichtsterktes bij *Cymbidium* $0,05$ en $0,25 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, in de tweede helft van de nacht).

De lengtegroei van komkommer werd geremd door de belichtingen. Bloem- en vruchtontwikkeling werden vertraagd en de aanleg vond hoger op de stengel plaats. De sterkste effecten werden gevonden bij $0,20 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ in de tweede helft van de nacht. Bloei bij de chrysant 'Daymark Cream' werd vertraagd ($0,05 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ eerste en tweede helft van de nacht en $0,20 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ eerste helft van de nacht) of tegengehouden ($0,20 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ tweede helft van de nacht).

Poinsettia 'Angelika' bloeide bij geen enkele lichtbehandeling, de (donker)controle bloeide volledig.

De langedagplant *fuchsia* 'Beacon' bloeide alleen bij de belichtingen met $0,20 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

Zaaiaster 'Milady', 'Kometa' en 'Starlight' reageerde op alle lichtbehandelingen. $0,20 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ induceerde bloemknopvorming en veroorzaakte een sterke bladexpansie en stengelstrekking. $0,05 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ in de nachten induceerde ook bloemknopvorming maar veroorzaakte een minder sterke bladexpansie en stengelstrekking. Tussen de met $0,05 \mu\text{mol}$ in de voornacht belichte planten en de onbelichte planten werd vrijwel geen verschil waargenomen.

Bij *Cymbidium* 'Pink Joal' werden minder bloemtakken gevormd bij een belichtingssterkte van $0,25 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Van $0,25 \mu\text{mol}$ kon bij 'Superba' en van $0,05 \mu\text{mol}$ kon bij 'Pink Joal' en 'Superba' geen effect van de belichting worden aangetoond.

Bij komkommer, chrysant, *Callistephus* en *Fuchsia* had een belichting in de tweede helft van de nacht een groter effect dan een belichting in de eerste helft van de nacht.

De resultaten geven aan dat SON-T licht al bij lichtsterktes van $0,05 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ effect kan hebben op de groei en ontwikkeling van sommige gewassen. Het is raadzaam om in gebieden met een hoge concentratie van glastuinbouw rekening te houden met de gevoeligheid van gewassen voor licht. Zeker wanneer daglengtegevoelige gewassen worden geteeld.

SUMMARY

Supplementary lighting of greenhouse crops is widely applied nowadays in the Netherlands, especially for roses but also for lilies, chrysanthemums, freesias and pot plants. Due to the often dense concentration of greenhouses, a neighbouring greenhouse can be exposed to light overspill which may affect the crops therein. Leakage of light through the side walls of the greenhouse is restricted by screens, but a part of the added light leaves the greenhouse through the roof. This light is reflected by clouds and is diffused over the surroundings. When the clouds are low, light levels of up to $0.20 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ may be expected in a neighbouring greenhouse. Levels of $0.10 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ have been measured in practice.

For this reason, the effects were studied of 0.05 and $0.20 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ (400-700 nm) of HPS-light, either in the first or in the second half of the night, on the growth and development of some greenhouse crops. The natural day was 10 h.; the night, either with or without 'overspill' light was 14 h. In the light treatments, a 6 h. period of darkness was maintained. In a second experiment the effects were studied of 0.05 and $0.25 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ (400-700 nm) of HPS-light in the second half of the night, on the growth and development of *Cymbidium*. The natural day was 10 h.; the night, either with or without 'overspill' light was 14 h. In the light treatments, a 6 h. period of darkness was maintained.

Elongation growth of *Cucumber* 'Farbio' was reduced by light as compared to dark controls; fruits developed later and from a higher node. Flowering of the short day plant, *Chrysanthemum morifolium* 'Daymark Cream', was delayed by $0.05 \mu\text{mol}$ in both the first and second half of the night; by $0.20 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ in the first half, or fully inhibited by $0.20 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ in the second half of the night. In the short day plant, *Euphorbia pulcherrima* 'Angelika' (Poinsettia), all light treatments prevented flowering. The long day plant, *Fuchsia* 'Beacon', was induced to flower by $0.20 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$, but not by $0.05 \mu\text{mol}$. *Callistephus chinensis* (China aster) 'Milady', 'Kometa' and 'Starlight', responded to all light treatments: $0.20 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ induced flowering and caused a marked leaf expansion and elongation of stems and flower stalks. $0.05 \mu\text{mol}$ induced flowering without extra elongation and leaf expansion. Generally, light in the second half of the night was more effective than light in the first half of the night.

Development of inflorescences of *Cymbidium* 'Pink Joal' was reduced by $0.25 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$. There was no proof of an effect on development of inflorescences of *Cymbidium* 'Superba' by 0.05 and $0.25 \mu\text{mol}$ and of *Cymbidium* 'Pink Joal' by $0.05 \mu\text{mol}$.

The results indicate that growers should take care with the use of supplementary lighting in areas where there are many greenhouses.

1 INLEIDING

Bij het gebruik van assimilatiebelichting als aanvullende belichting komt een gedeelte van het licht, via de gevel en het dek, buiten de kas terecht. In eerste instantie waren klachten daarover vooral afkomstig van omwonenden. In 1988 kwamen de eerste klachten over schade aan gewassen. Sindsdien werd het aantal in omloop zijnde verhalen over 'buurmanschade' steeds groter. In de meeste gevallen is het moeilijk te bewijzen dat er sprake is van schade en dat die schade is veroorzaakt door uit nabij gelegen kassen stralend assimilatielicht. Gebrek aan duidelijkheid heeft in verschillende gevallen van (veronderstelde) buurmanschade al geleid tot verstoring van de relatie tussen betreffende partijen. Naar aanleiding van de problemen met buurmanlicht is in 1989 door het Landbouwschap een verordening opgesteld waarin de zijwaartse uitstraling uit kassen is geregeld. In de verordening is 4 lux op de erfscheiding de maximale hoeveelheid licht waarbij nog geen lichtuitstoot beperkende maatregelen hoeven te worden genomen. De 4-lux-norm van het Landbouwschap is gebaseerd op de chrysantenteelt. Uitgangspunt van de verordening was dat 4 lux niet meer van invloed is op de ontwikkeling van chrysant.

De verordening zegt niets over het licht dat door het kasdek uittreedt. De lichthoeveelheid in de omgeving van belichtende kassen kan door via het dek uittredend licht, afhankelijk van weersomstandigheden en het aantal belichtende bedrijven, waarden bereiken van 0,10 $\mu\text{mol PAR}$ (SON-T licht ≈ 7 lux, zie Bijlage 1). Kwantitatieve informatie over het voorkomen van deze situaties ontbreekt. De afstand waarover licht wordt verspreid is afhankelijk van de bewolkingssoort. Bij mistig weer (of zeer laag hangende bewolking) wordt vooral de directe omgeving van een belichtend bedrijf verlicht. Bij toenemende bewolkingshoogte wordt het licht over een groter gebied verspreid. Om te onderzoeken of en in welke mate dit licht de ontwikkeling van planten beïnvloedt is op het Proefstation voor de Bloemisterij in 1991 begonnen met een proef waarin het effect van nagebootst buurmanlicht op enkele gewassen wordt onderzocht. De onderzochte gewassen waren *Callistephus*, chrysant, poinsettia, *Fuchsia*, tomaat, komkommer en *Cymbidium*.

2 ALGEMENE INFORMATIE OVER DE ONDERZOCHE GEWASSEN

2.1 *Callistephus*

De zaaiaster of Chinese aster (*Callistephus chinensis*) is een eenjarige plant afkomstig uit China en Japan en behoort tot de familie van de composieten. In het begin van de 18^e eeuw is *Callistephus* geïntroduceerd in Europa. Aanvankelijk werd de plant (ten onrechte) ingedeeld bij het geslacht aster waardoor *Callistephus* bekend werd onder de verwarrende, naam zomer- of zaaiaster. Tegenwoordig zijn speciale selecties beschikbaar voor de teelt van *Callistephus* als tuinplant of als snijbloem.

Daglength heeft grote invloed op de ontwikkeling van *Callistephus*. Drie tot vijf weken na zaaien zijn kiemplanten gevoelig voor daglength. Tussen daglength en temperatuur bestaat een sterke interactie. Bij lage temperatuur ($\approx 13^{\circ}\text{C}$) is *Callistephus* een kwalitatief langedagplant voor bloemknopaanleg en stengelstrekking. Bij temperaturen boven 17°C een kwantitatief langedagplant (Lin en Watson, 1950).

Langedag stimuleert de aanleg van bloemknoppen. Het aantal afgesplitste bladeren tot de bloemknoppen neemt onder invloed van langedag af. Zijn de bloemknoppen eenmaal aangelegd, dan kan kortedag de bloei vervroegen omdat de uitgroei van bloemknoppen onder korte dag sneller verloopt. De snelste bloei wordt verkregen wanneer een periode langedag wordt gevolgd door een periode kortedag. Langedag stimuleert de bladexpansie en de stengelstrekking ten koste van de uitgroeisnelheid van al aangelegde bloemknoppen (Cockshull, 1985a).

De drempelwaarde van de daglength voor bloemknopinductie is niet precies bekend, maar ligt tussen de twaalf en veertien uur. $0,02$ tot $0,06 \mu\text{mol PAR}$ gloeilamplicht ($1-3$ lux) gedurende de nacht is al voldoende om bloemknopvorming te induceren (Withrow en Benedict, 1936 uit Vince-Prue, 1975). Als nachtonderbreking voldoet $0,5$ tot $1 \mu\text{mol PAR}$ ($25-50$ lux) gloeilamplicht (Canham, 1981)). Voor inductie van bloemknoppen is minimaal een periode van een week langedag nodig (Cockshull, 1985a).

2.2 Chrysant

De chrysant (*Dendranthema grandiflora* (syn. *Chrysanthemum morifolium*)) is een kwantitatief kortedagplant. Zowel inductie als bloemknopuitgroei wordt door kortedag (korter dan veertien uur) gestimuleerd. Voor inductie van bloemknopvorming is een donkerperiode van minimaal elf uur nodig. Voor de uitgroei van bloemknoppen een donkerperiode van ongeveer twaalf uur. De kritische daglength is overigens cultivaraafhankelijk. Er zijn cultivars met een kritische daglength van zestien uur (Vince-Prue, 1975). Hoewel een chrysant onder langedagomstandigheden na verloop van tijd, na het bereiken van het 'Long day leaf number' toch een eindbloemknop vormt, groeien deze knoppen meestal niet uit tot normale bloemen. Voordat bloemknoppen kunnen worden gevormd moet een bepaald, cultivaraafhankelijk, aantal bladeren zijn aangelegd. De bloei van de meeste cultivars van chrysant kan worden gestuurd door de natuurlijke daglength kunstmatig te veranderen. Op deze manier is een jaarrondteelt van chrysanten mogelijk. De hoeveelheid daglicht is van invloed op de effectiviteit van de belichting voor dagverlenging. Hoe hoger de daglichtsom, hoe meer licht nodig is om de ontwikkeling van bloemknoppen te remmen of tegen te houden. Wanneer de hoeveelheid ontvangen daglicht laag is, is ook weinig licht nodig om de bloemknopvorming te remmen. Tijdens korte dag verloopt de bloemknopaanleg en uitgroei sneller en gelijkmatiger wanneer de

ontvangen hoeveelheid stralingsenergie tijdens de lichtperiode toeneemt tot een gemiddelde dagsom van 4,6-6,9 mol m⁻²dag⁻¹ PAR (daarboven vindt geen toename van snelheid van bloemknopaanleg meer plaats Cockshull, 1972; Langton, 1992). Onder langedagomstandigheden neemt de tijd tot bloemknopaanleg en het aantal aangelegde bladeren tot de bloemknop af bij toenemende daglichtsom. Het aantal tot de bloemknop aangelegde bladeren neemt boven een bepaalde stralingssterkte niet meer af. De bladafsplittingsnelheid wordt door toenemende daglichtsom gestimuleerd (Cockshull, 1975).

Bij de jaarrondteelt van chrysanten wordt in de winter gebruik gemaakt van een onderbreking van de kortedagperiode met een aantal lange dagen. Het doel van deze behandeling is het verbeteren van de kwaliteit van de chrysanten. Door de onderbreking wordt de onder kortedag begonnen vorming van bloemknoppen vertraagd en krijgt de plant een vegetatieve groeiimpuls. Hierdoor wordt de bloei verlaat, maar ontstaan ook zwaardere takken en een beter bloem scherm. Het effect van de onderbreking is sterk afhankelijk van uitgangsmateriaal, de natuurlijke instraling, kasklimaat, de duur en het moment van onderbreken. Het verkeerd toepassen van een onderbreking kan leiden tot doorwas (te langgerekte trosselen) en knopverdroging.

2.3 *Cymbidium*

Over het effect van daglengte bij orchideeën is weinig bekend. Gezien de soms korte periode waarin de bloei van bepaalde cultivars valt lijkt het aannemelijk dat de bloei door daglengte wordt gesynchroniseerd. Uit de praktijk komen sinds 1989 verhalen over schade als gevolg van 'buurmanlicht'. De genoemde effecten van het licht zijn een kleiner aantal knoppen per bloemsteel en daardoor ook kortere bloemstelen. Ook zou het aantal bloemstelen per plant en de algemene plantkwaliteit afnemen. Een overzicht van eventuele cultivarverschillen bestaat niet. De indruk is dat schade vooral werd gemeld bij de cultivars met bloemknopontwikkeling in de periode tussen september en februari en waarvan de bloei valt in de periode november tot mei.

Toepassing van assimilatiebelichting bij *Cymbidium* is in de praktijk onderzocht. Gedurende twee jaar is met 6 W.m⁻² SON-T belicht tot een daglengte van achttien uur wanneer het buitenlichtniveau lager was dan 150 W.m⁻² (globale straling). De gebruikte cultivars behoorden tot het vroege en midvroeg sortiment. Belichte planten hadden een lagere bloemtakproductie, kortere takken en minder bloemen per tak. De scheutproductie werd vrijwel niet door de belichting beïnvloed (Van Os en Verwey, 1991). Naar aanleiding van deze resultaten is een klein oriënterend onderzoek verricht bij een *Cymbidium*teler naar het effect van strooilicht op de bloei bij enkele cultivars. Op grond van de in dit onderzoek verkregen resultaten werd geconcludeerd dat strooilicht een negatieve invloed had op de produktie bij *Cymbidium*. Het aantal planten per behandeling was echter zo klein (in totaal 46 planten, vier verschillende cultivars en twee lichtbehandelingen) dat de gevonden verschillen statistisch onbetrouwbaar zijn.

2.4 *Fuchsia*

Hoewel sommige cultivars van *Fuchsia* het hele jaar rond bloeien zijn de meeste cultivars kwalitatief langedagplanten. Veel cultivars hebben voor de aanleg van bloemknoppen een periode van 10 tot 25 lange dagen nodig, maar er zijn cultivars bekend waarvoor vijf dagen al voldoende is. Uitgroei van bloemknoppen is onafhankelijk van de daglengte en sommige soorten bloeien na bloeiinductie door lange dag onder korte dag door (Sachs en Bretz, 1960). De fotoperiodische bloeirespons van *Fuchsia* is afhankelijk van de lichtsterkte tijdens de dag. In de winter is de gevoeligheid voor langedag kleiner dan in de zomer (Wilkins, 1985).

2.5 Poinsettia

De kerstster of poinsettia (*Euphorbia pulcherrima*) staat bekend als een zeer lichtgevoelig soort. Het is een kwalitatief kortedagplant (Grueber, 1985). Tussen de gevoeligheid voor daglengte en temperatuur bestaat een sterke interactie. Deze interactie maakt het moeilijk een kritische daglengte te geven. Bloeiinductie vindt, bij een temperatuur van ongeveer 20°C, plaats wanneer de nacht langer is dan 11,5-12,5 uur (cultivarafhankelijk). Kortedag is niet alleen nodig voor de inductie van bloei, maar ook voor de uitgroei van bloemknoppen. Voor een normale ontwikkeling van de bloemen is een ononderbroken kortedagperiode nodig van vier tot zes weken (Maisano, 1977). De kritische daglengte voor uitgroei van al aangelegde bloemknoppen is langer dan die voor bloemknopaanleg (Langhans en Miller, 1960). Vijf lux gedurende de nacht of een groot deel daarvan is voldoende om bloei te verhinderen. Nachtonderbreking met 1 μmol gloeilamplicht (50 lux) tot 1,5 μmol TL-licht (100 lux) heeft hetzelfde effect. In de praktijk heeft licht van straatverlichting (lage druk natriumlamp) problemen veroorzaakt (lichtsterkte onder de lampen 0,07-0,14 μmol (7 tot 15 lux)).

2.6 Komkommer

De telers van komkommer (*Cucumis sativus*) behoorden tot de eersten die schade constateerden als gevolg van uittredend assimilatielicht.

De genoemde effecten waren bij komkommer sterke groei- en produktievertraging en onvolledig herstel van waterpotentiaal en turgor (Blacqui re, 1991). De effecten waren groter naarmate de afstand van het gewas tot de gevel kleiner was. Een teler van komkommer heeft problemen gehad die werden veroorzaakt door straatverlichting.

De inductie van bloemknoppen bij komkommer vindt zowel onder korte als langedag plaats. Bij oude komkommerrassen, waarop zowel mannelijke als vrouwelijke bloemen voorkomen is de sexexpressie echter afhankelijk van de daglengte. Bij langedagomstandigheden wordt de vorming van mannelijke bloemen gestimuleerd en de vorming van vrouwelijke bloemen geremd. De reactie op daglengte is sterk cultivarafhankelijk (Rudich, 1985). Niet alleen daglengte maar ook factoren als temperatuur en voedingstoestand kunnen de verhouding tussen mannelijke en vrouwelijke bloemen be nvloeden (Kooistra, 1967; Nitsch et al 1952). De tegenwoordig gebruikte cultivars hebben vrijwel alleen vrouwelijk bloemen en worden gezien als daglengteneutraal. De strekkingsgroei van komkommer is wel daglengteafhankelijk. De door fytochroom gecontroleerde remming van de stengelstrekking neemt pas na een donkerperiode van acht tot tien uur af (Gaba en Black, 1979).

2.7 Tomaat

De tomaat (*Lycopersicon esculentum* Mill.) hoort bij de familie van de Solanaceae en is afkomstig uit Zuid-Amerika. Ook de telers van tomaat maakten melding van schade als gevolg van binnenkomend assimilatielicht.

De genoemde effecten waren bij tomaat groeivertraging (kortere planten), bloeivertraging en een slechte vruchtzetting bij de eerste tros (Blacqui re, 1991).

Wanneer tomaten worden opgekweekt met assimilatiebelichting kan schade optreden wanneer langer dan zestien uur per dag wordt belicht. Langere belichtingen geven een groeireductie, verlating van bloei en soms chlorose. Arthur et al ontdekten in 1930 dat tomatplanten die 24 uur per dag worden belicht bladschade gaan vertonen en uiteindelijk doodgaan. Highkin en Hanson (1954) ontdekten dat vergelijkbare effecten werden veroorzaakt door licht/donker ritmes van 6 uur licht en 6 uur donker of 24 uur licht en 24 uur donker terwijl 12 uur licht en 12 uur donker geen schade veroorzaakte. Hillman (1956) vond dat licht-donker ritmes van 26-4, 20-4, 16-4 uur geen schade veroorzaakten, terwijl licht-donker ritmes van 14, 12, 11, 8, 6, 4 uur licht afgewisseld met 4 uur donker dit wel deden. De zich ontwikkelende bladeren bleken het meest gevoelig. De schade door continue belichting kon worden voorkomen wanneer tijdens de belichting dagelijks een periode met een lagere temperatuur werd aangehouden (Hillman, 1956). Vreemd genoeg blijken tomaten in gebieden rond de poolcirkel waar gedurende een bepaalde tijd geen donkerperiode is, toch te kunnen groeien (Misschien als gevolg van dagelijks temperatuurverloop).

De ontwikkeling van de bloemtrossen is afhankelijk van de hoeveelheid licht gedurende de dag. Met toenemende lichtsterkte neemt het aantal bladeren tot de eerste bloemtros af tot een bepaald cultivar-afhankelijk aantal (vaak ongeveer zes tot zeven) (Kinet, 1977). Over daglengte-effecten bij tomaat is weinig bekend. De tomaat is al ingedeeld als daglengteneutrale, als kortedag- maar ook als langedagplant. Hurd (1973) en Kinet (1977) vonden dat bij vergelijking van het effect van verschillende daglengtes, bij gelijkblijvende daglichtsom, dagverlenging met lage lichtsterktes resulteerde in een toename van het aantal bladeren tot de eerste bloemtros en daardoor een produktieverlating. Kinet (1977) vond bovendien dat dagverlenging gegeven na aanleg van de bloeiwijze de bloemknopopening vertraagde en de bloemknopabortie vergrootte. Het aantal bladeren tot de eerste tros is ook afhankelijk van de temperatuur. Met toenemende temperatuur neemt ook het aantal gevormde bladeren tot de eerste bloemtros toe. Het aantal dagen tot bloei wordt echter nauwelijks be nvloed omdat door verhoging van de temperatuur ook de bladafsplitsingssnelheid toeneemt (Calvert, 1959; Hussey, 1963).

3 MATERIAAL EN METHODE

3.1 μmol als eenheid voor lichtsterkte (zie ook Bijlage I)

Voor dit onderzoek is de lichtsterkte uitgedrukt als μmol fotonen uit het golflengtegebied tussen 400 en 700 nm. Dit is de beste eenheid om fotosynthetisch actieve straling uit te drukken (Mc Cree, 1972). Door de lichtsterkte is bij 'buurmanlicht' geen sprake van fotosynthetisch actieve straling (groeilicht), maar van fotomorfogenetisch actieve straling (stuurlicht). Een goede eenheid voor stuurlicht is niet te geven omdat bij planten voor dit licht een aantal receptoren aanwezig is met ieder een eigen specifiek absorptie- en actiespectrum. Er bestaat dan ook geen stuurlichtmeter. Straling uit het golflengtegebied tussen 300 en 800 nm wordt door planten als informatie over de omgeving 'waargenomen'. De beste manier om stuurlicht te karakteriseren is het geven van de spectrale fotonenverdeling uit dit golflengtegebied. Wanneer straling met dezelfde spectrale samenstelling moet worden vergeleken, zoals bij buurmanlicht (meestal) het geval is omdat de spectrale samenstelling bekend is, kan wel gebruik gemaakt worden van een eenheid. In dit onderzoek is daarvoor het aantal fotonen uit het golflengtegebied tussen 400 en 700 nm gebruikt omdat de voor planten waarneembare straling van een SON-T lamp in dit gebied valt. Hoewel de eenheid lux in dit geval bruikbaar is als relatieve maat, is hiervan geen gebruik gemaakt omdat in deze eenheid de menselijke ooggevoeligheid is verwerkt. Fysiologisch gezien is het gebruik van de eenheid lux om straling voor planten te meten onzin.

3.2 Proefopzet

Voor het onderzoek naar het effect van buurmanlicht op verschillende planten is gebruik gemaakt van het fototron van het Proefstation voor de Bloemisterij. De gegeven lichtbehandelingen zijn terug te vinden in tabel 1 en 2. Het fototron bestaat uit vier kasafdelingen die ieder bestaan uit een ruimte waarin daglicht naar binnen valt en twee van het daglicht afgesloten ruimtes. In de donkere ruimtes kan met verschillende kunstlichtbronnen een belichting (stuurlicht) worden gegeven. In iedere afdeling bevinden zich vier verrijdbare karren waarop planten gekweekt kunnen worden die op ieder gewenst moment automatisch van de daglichtruimte naar de donkere ruimte (en vice versa) gereden kunnen worden. Het klimaat (CO_2 , luchtvochtigheid, temperatuur, zonwering en belichting) wordt voor iedere ruimte afzonderlijk met behulp van een computer gecontroleerd. Gedurende het onderzoek is, voor zover mogelijk, een periode met tien uur natuurlijk daglicht aangehouden. De belichtingen werden gegeven aan het einde van de daglichtperiode (voornacht) of voorafgaand aan de daglichtperiode (nanacht). De lengte van de donkerperiode bij de lichtbehandelingen was zes uur.

Voor de belichtingen is gebruik gemaakt van een 70 Watt SON-T lamp. Door gebruik van neutraal (geen invloed op spectrale samenstelling) schermdoek is de lichtsterkte teruggebracht tot de gewenste waarden. Door reflectie langs het plafond en wanden van de cel ontstond in de cel een diffuse lichtverdeling. De lichtsterkte is gemeten in een horizontaal vlak. Voor de metingen is gebruik gemaakt van een Bottemanne RA200Q quantumsensor. De hiermee gemeten waarden kwamen relatief overeen met de waarden die zijn bepaald met behulp van PRC 106 luxmeter (meter landbouwschap) en kwantitatief met de meetwaarden van de Li190SA quantumsensor van Licor.

Tabel 1: Overzicht van de lichtbehandelingen bij komkommer, tomaat, chrysant, *Callistephus*, poinsettia en *Fuchsia*. Ingestelde dag/nachttemperatuur 17°/17°C. Daglichtperiode tien uur, donkerperiode bij de belichtingen zes uur. (Meethoogte 0,90 m (bovenkant kar) en 1,50 m)

Behandeling	Lichtsterkte ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	Belichting
Controle	0	geen
0,20 $\mu\text{mol EOD}$	0,18-0,22	voornacht
0,05 $\mu\text{mol EOD}$	0,04-0,06	voornacht
0,20 $\mu\text{mol EON}$	0,18-0,22	nanacht
0,05 $\mu\text{mol EON}$	0,04-0,06	nanacht

Tabel 2: Overzicht van de lichtbehandelingen bij *Cymbidium*. Ingestelde dag/nacht temperatuur 17°/15°C. Daglichtperiode tien uur, donkerperiode bij de belichtingen zes uur. De belichtingen werden gegeven in de tweede helft van de nacht na een donkerperiode van zes uur (Meethoogte 0,90 m (bovenkant kar) en 1,50 m).

Behandeling	Lichtsterkte ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	Belichting
Controle	0	geen
0,25 $\mu\text{mol EON}$	0,23-0,26	nanacht
0,05 $\mu\text{mol EON}$	0,04-0,06	nanacht

Tabel 3: Overzicht data zaai en behandelingen plantmateriaal

Gewas	Cultivar	aantal	zaai	start behandeling	einde behandeling
Komkommer	Mustang	55	01-05	23-05	10-06
	Farbio	55	10-06	14-06	30-07
	Corona	55	01-09	05-09	14-11
Tomaat	Perfecta	50	17-04	23-05	25-06
	Furon	50	12-06	26-06	14-08
	Furon	50	22-08	05-09	21-11
<i>Callistephus</i>	12525/12692	210	15-05	29-05	14-08
	/12533 ¹	herhaling vervallen door te hoog uitvalpercentage			
Chrysant	Daymark Cr.	150	bew. stek	23-05	17-07
	Daymark Cr.	150	bew. stek	06-09	11-11
<i>Fuchsia</i>	Beacon	150	bew. stek	23-05	14-08
	Beacon	150	bew. stek	02-09	01-21
Poinsettia	Angelika	150	bew. stek	23-05	14-08
	Angelika	150	bew. stek	02-09	12-11
<i>Cymbidium</i>	Pink Joal	24	plant	17-09	09-01
	Superba	36	plant	17-09	09-01

¹ Selecties Sahin; 12525 = 'Kometa'; 12692 = 'Milady'; 12533 = 'Starlight'

3.3 Manier van telen

Een overzicht van de gebruikte gewassen en cultivars, zaai en plantdata en behandelingsperiode is te vinden in tabel 3. Aan het einde van de behandelingsperiode zijn de cymbidiums overgebracht naar een normale kas waar de uitgroei van de bloemtakken is gevolgd.

Komkommer en tomaat zijn direct in de bakken van de fototronkarren opgekweekt, *Callistephus* chrysant, *Fuchsia* en poinsettia in potten. Als substraat is een potgrondmengsel gebruikt met osmocote als voorraadbemesting. Voor het onderzoek met *Cymbidium* zijn door twee praktijkbedrijven planten beschikbaar gesteld. Deze zijn geleverd in containers met steenwol. Tijdens het onderzoek is daarin verder geteeld, waarbij de bemesting werd gegeven tijdens de watergift door gebruik te maken van een voedingsoplossing. Bij iedere behandeling zijn de gewassen op dezelfde volgorde op de karren geplaatst om eventuele plaatseffecten zoveel mogelijk te verkleinen. Om kasverschillen te controleren zijn in iedere daglichtruimte van het fototron planten (*Fuchsia*, chrysant en poinsettia) gezet, waaraan regelmatig lengtemetingen zijn gedaan. Het verschil tussen de gemiddelde waarden per afdeling bedroeg niet meer dan 5%. Om eventuele systematische verschillen veroorzaakt door een kaseffect zo klein mogelijk te maken zijn voor het onderzoek in september de behandelingen opnieuw over de afdelingen verdeeld.

3.4 Verwerking van de resultaten

Bij de verwerking van de resultaten van komkommer, tomaat, *Cymbidium* en *Callistephus* zijn alle planten uit de behandelingen gebruikt. Bij de andere gewassen zijn per behandeling steeds tien planten gebruikt. Deze meetplanten stonden steeds tussen andere (rand) planten in. Bij de verwerking zijn de individuele planten beschouwd als experimentele eenheid. Daarbij is aangenomen dat de variatie tussen de planten gelijk was aan de variatie tussen de afdelingen. De verschillen tussen de behandelingsgemiddelden zijn tweezijdig getoetst volgens $LSD_{0,95}$. Volgens deze toets significante behandelingsverschillen zijn in de tabellen aangegeven met verschillende letters. In de figuren is de $LSD_{0,95}$ -waarde aangegeven met een verticale streep. Wanneer niet alle planten van een behandeling bij de berekening van het behandelingsgemiddelde zijn gebruikt, bijvoorbeeld wanneer nog niet alle planten bloeiden, is niet getoetst. In de tabellen zijn deze waarden aangegeven met een asterisk (*).

4 RESULTATEN EN DISCUSSIE

4.1 Komkommer

Het eerste onderzoek is gestart met plantmateriaal (cv. 'Mustang') met een lengte van gemiddeld 60 cm. Door de groeisnelheid was slechts een behandelingsduur van achttien dagen mogelijk. Ondanks de korte behandelingsduur bleken de verschillende behandelingen effect te hebben. Bij de belichte planten ontwikkelden de eerste bloemen zich hoger op de stengel (tabel 4) waardoor een verlating van bloei ontstond. Het effect was het grootst bij de belichting met $0,20 \mu\text{mol EON}^2$. De lengtetoeename tussen de zesde en zeventiende behandelingsdag was bij de belichte planten kleiner dan bij de niet belichte planten, evenals het versgewicht van de met $0,20 \mu\text{mol}$ in de nanacht belichte planten. Opvallend is het effect van moment van belichten. Wanneer werd belicht in de tweede helft van de nacht was het effect van de belichting, bij gelijke lichtsterkte, groter. Bij de herhaling van het onderzoek is belicht vanaf het moment dat de planten waren gekiemd. De behandelingsduur kon op die manier aanzienlijk worden verlengd. De bij het onderzoek met 'Mustang' gevonden effecten op bloemontwikkeling werden in het onderzoek met 'Farbio' (tabel 5) en het daaropvolgende onderzoek met 'Corona' (tabel 6) weer gevonden. Ook hier een vertraging van de bloei onder invloed van de belichting en een sterker effect bij hogere lichtsterkte en belichting in de tweede helft van de nacht. Deze vertraging komt in tabel 5 ook naar voren wanneer wordt gekeken naar het aantal vruchten en totaal vruchtgewicht. Het aantal afgesplitste bladeren en de internodiën lengte was bij Corona (tabel 6) bij belichting in de tweede helft van de nacht significant kleiner bij $0,05$ en $0,20 \mu\text{mol}$. De lengtegroei van 'Farbio' en 'Corona' werd door belichting verminderd (afbeelding 1 en 2). Het effect op de lengtegroei van 'Farbio' van belichting met $0,05$ en $0,20 \mu\text{mol}$ in de voornacht en $0,05 \mu\text{mol}$ in de nanacht was even sterk. De lengtegroei van 'Farbio' onder een belichting met $0,20 \mu\text{mol}$ in de nanacht bleef bij de andere behandelingen achter. Het effect van belichting met $0,20$ of $0,05 \mu\text{mol}$ was bij 'Corona' ongeveer even groot. Bij belichting in de nanacht was de lengtegroei het kleinst.

Tabel 4; Resultaten eind oogst (10-06-91) na 18 dagen behandeling van 'Mustang'.

Behandeling	Controle	$0,20 \mu\text{mol}$ EOD	$0,05 \mu\text{mol}$ EOD	$0,20 \mu\text{mol}$ EON	$0,05 \mu\text{mol}$ EON
% bloeiende planten	100	64	91	45	55
positie eerste bloem ²	3,5	3,9	4,0	4,5	3,7
positie laatste bloem ²	4,9	4,5	4,7	5,0	4,5
bloeiende internodiën ³	2,2a	1,0bc	1,5b	0,8c	0,9bc
lengtetoeename dag 6-17	88,7a	83,6b	82,2b	77,5c	83,8b
totaal versgewicht (g)	348a	329a	314ab	295b	350a

² Bij vergelijking van de resultaten moet rekening worden gehouden met het feit dat voor de berekening van de bloempositie alleen de bloeiende planten zijn gebruikt. De belichte planten bloeiden niet allemaal, waardoor de in tabel 4 (en ook tabel 6) weergegeven behandelingsverschillen waarschijnlijk worden onderschat.

³ gemiddelde van alle planten

Tabel 5; Resultaten eind oogst (31-07-91) na 46 dagen behandeling van 'Farbio'.

Behandeling	Controle	0,20 μ mol EOD	0,05 μ mol EOD	0,20 μ mol EON	0,05 μ mol EON
dagen tot bloei	37,7a	40,5b	39,3b	43,2c	40,3b
positie eerste bloem	3,8a	4,6b	4,6b	5,6c	4,6b
positie laatste bloem	14,1a	13,8a	13,8a	12,0b	13,5a
aantal vruchten p.plant ^{3,4}	4,4a	2,2b	2,5b	1,0c	2,5b
aantal bladeren ⁵	22,8a	22,5a	22,9a	21,7a	22,4a
internodiën lengte (cm) ⁵	9,8a	9,6ab	9,7ab	9,0b	9,8a
vruchtgew. p.plant (g) ³	263a	87b	102b	23c	70bc
totaal versgewicht (g)	724a	641ab	672ab	560b	643ab

Tabel 6; Resultaten eind oogst (14-11-91), na 69 dagen behandeling van 'Corona'.

Behandeling	Controle	0,20 μ mol EOD	0,05 μ mol EOD	0,20 μ mol EON	0,05 μ mol EON
% bloeiende planten*	100	54,5	81,8	18,2	45,5
positie eerste bloem* ²	6,6	9,3	8,7	8,5	8,4
positie laatste bloem* ²	13,6	11,3	11,3	10,7	11,0
bloeiende internodiën ³	6,3a	1,2b	2,6c	0,4b	0,7b
aantal bladeren ⁵	18,9a	18,8a	18,1a	17,0b	16,3b
internodiën lengte (cm) ⁵	8,9a	8,3bc	8,8ab	7,4d	8,1c
totaal versgewicht (g)	244a	234ab	250a	214b	215b

Conclusie

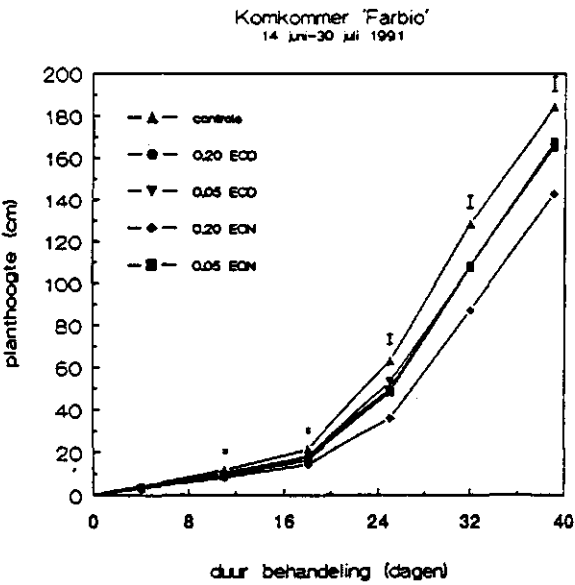
De plantontwikkeling van de komkommercultivars 'Mustang', 'Corona' en 'Farbio' kan, zeker gedurende de eerste zes tot tien weken van een teelt, door SON-T licht met een lage intensiteit worden beïnvloed. Effecten kunnen bij een lichtsterkte van 0,05 μ mol PAR al binnen twee weken ontstaan. Belichting in de tweede helft van de nacht was effectiever dan belichting in de eerste helft van de nacht. Zowel de bloei als de lengtegroei van de komkommerplanten kan door belichting worden beïnvloed. De bloemontwikkeling werd vertraagd en de eerste bloemen ontwikkelden zich bij de belichte planten in een hogere bladoksel dan bij de onbelichte planten. Internodiënstrekking en daarmee de plantlengte van 'Corona' nam onder invloed van belichting met 0,05 en 0,20 μ mol PAR in de tweede helft van de nacht af. Opvallend was dat het totaal versgewicht (hele plant inclusief bloemen en eventuele vruchten) en in het

⁴ groter dan 10 cm

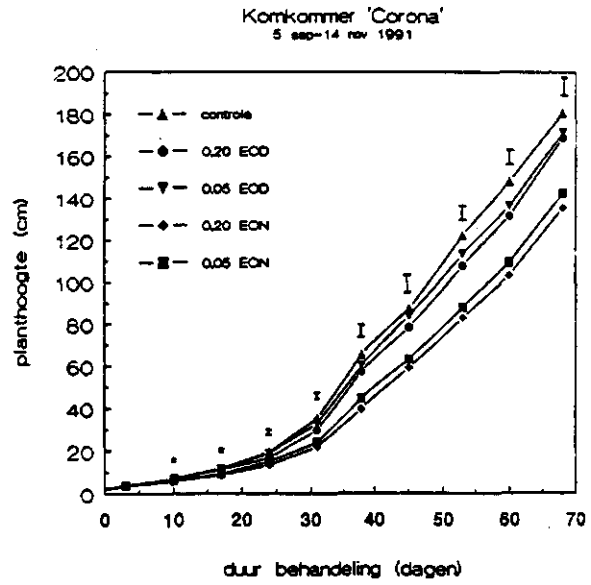
⁵ tot 5 cm onder top

laatste experiment ook de bladafsplitsingssnelheid door belichting in de tweede helft van de nacht negatief beïnvloed werd.

Omdat niet gelijktijdig met drie verschillende cultivars is gewerkt is een uitspraak over cultivarverschillen of effect van de tijd van het jaar niet mogelijk. De gevonden effecten in het najaar waren sterker dan in de zomer, maar dit verschil zou ook veroorzaakt kunnen zijn door de verschillende cultivars.



Afbeelding 1 Komkommer 'Farbio'; Lengtegroei bij de verschillende belichtingen. $LSD_{0,95}$ weergegeven met een verticale streep.



Afbeelding 2 Komkommer 'Corona'; Lengtegroei bij de verschillende belichtingen. $LSD_{0,95}$ weergegeven met een verticale streep.

4.2 Tomaat

Het plantmateriaal dat werd gebruikt bij het eerste onderzoek was bij de start ruim vijf weken oud. Dit beperkte de duur van het onderzoek tot 32 dagen. De reactie van de planten op de belichtingen was minder duidelijk dan de reactie van komkommer. Uit de gegevens in tabel 7 tot en met 9 is af te leiden dat de variatie tussen de planten groot is en ook dat de resultaten van de verschillende onderzoeken niet overeenkomen. Een algemene lijn zoals bij komkommer is voor tomaat op grond van de resultaten niet goed vast te stellen. Het lijkt erop dat door belichting bloemknopopening, groeisnelheid en stengelstrekking negatief beïnvloed werden.

Tabel 7; Resultaten eindooft tomaat 'Perfecta' (16 juni) na 32 dagen behandeling.

Behandeling	Controle	0,20 μ mol EOD	0,05 μ mol EOD	0,20 μ mol EON	0,05 μ mol EON
internodiënlgte (cm) ⁶	7,0a	6,8a	6,6a	6,9a	7,1a
bloemen tros1 ⁷	7,7a	6,4b	8,3a	6,3b	6,3b
bloemen tros2 ⁷	6,9a	5,5b	6,3ab	5,3b	5,9ab
bloemen tros3 ⁷	4,7a	3,6a	3,5a	3,8a	4,4a
bloemen tros4 ^{7*}	1,3	0,9	0,6	0,1	0,4
bloeiende trossen	3,6a	3,3a	3,3a	3,1a	3,2a
plantlgte (cm)	137a	134a	133a	131a	139a
tot. versgewicht (g)	628a	619a	629a	549a	619a

Tabel 8; Resultaten eindooft 'Furon'. Eindooft 14 augustus na 49 dagen behandeling.

Behandeling	Controle	0,20 μ mol EOD	0,05 μ mol EOD	0,20 μ mol EON	0,05 μ mol EON
dagen tot bloei	31,2a	33,5b	31,9ab	31,6ab	30,1a
internodiënlgte (cm) ⁶	8,2a	7,5a	8,2a	8,2a	8,7a
bloemen tros1 ⁷	6,9a	5,8ab	6,2ab	4,5b	6,2ab
bloemen tros2 ⁷	6,7ab	6,1ab	5,1ab	4,8b	7,6a
bloemen tros3 ⁷	5,0a	3,3a	4,0a	2,9a	4,4a
bloemen tros4 ^{7*}	0,8	0,2	0,8	0,0	1,2
bloeiende trossen	3,4ab	3,1b	3,3ab	3,0b	3,6a
aantal vruchten > 1cm	4,7a	2,5a	4,3a	3,1a	3,1a
tot. vruchtgewicht (g)	48,5a	35,2a	47,9a	41,4a	54,4a
plantlgte (cm)	146a	155a	159a	145a	170a
tot. versgewicht (g)	532b	676a	691a	562ab	664ab

Tabel 9 Tomaat 'Furon'. Eindooft 20 november na 76 dagen behandeling.

Behandeling	Controle	0,20 μ mol EOD	0,05 μ mol EOD	0,20 μ mol EON	0,05 μ mol EON
aantal dagen tot bloei	44,4a	46,7b	47,0b	47,5b	47,3b
internodiënlengthe (cm) ⁶	8,2a	6,9b	7,0b	7,2b	7,1b
bloemen tros1 ⁷	4,8	4,3	5,0	4,1	5,3
bloemen tros2 ⁷	6,1	6,3	5,3	5,0	6,0
bloemen tros3 ⁷	5,8	4,8	4,9	5,0	4,3
bloemen tros4 ^{7*}	2,1	0,9	0,4	3,5	0,2
aantal bloeiende trossen	3,8	3,8	3,3	4,0	3,2
aantal vruchten >1cm	2,8	1,4	1,2	1,8	1,7
plantlengthe (cm)	169a	152b	151b	150b	154b
tot. versgewicht (cm)	404ab	419ab	449a	357b	405ab

⁶tot 10 cm onder de top

⁷ tijdens behandeling opengekomen aantal tot eindooft

4.3 *Callistephus*

Callistephus staat bekend als een zeer lichtgevoelig gewas. In dit onderzoek was dagverlenging met een lichtsterkte van 0,05 micromol/m²s (SON-T) voldoende om de aanleg van bloemknoppen te versnellen. Door belichting werd de bladontwikkeling gestimuleerd. Door sterkere bladstrekking nam de grootte van de belichte planten, ten opzicht van de niet belichte planten toe. Het effect van belichten met 0,20 micromol was al na twee weken behandeling duidelijk zichtbaar. De niet belichte planten bleven in rozet en hadden klein donkergroen blad. Het blad van de belichte planten was duidelijk groter en lichter groen van kleur. De planten uit de behandelingen met de hoogste lichtsterkte reageerden het sterkst. Dagverlenging tijdens uitgroei van bloemknoppen stimuleerde de strekking ten koste van de uitgroeisnelheid van de bloemknoppen. Dit effect was sterker naarmate de lichtsterkte groter was (tabel 10). Opvallend is dat de planten bij dagverlenging met 0,05 μ mol in de eerste helft van de nacht, met uitzondering van de cultivar *Milady*, nauwelijks van de niet belichte planten verschilden. Blijkbaar is in deze periode meer licht nodig voor een goede bloemknopaanleg. *Starlight* reageerde bij belichting met 0,05 μ mol ook in de tweede helft van de nacht nauwelijks. Deze cultivar lijkt wat minder gevoelig dan de overige twee. De overige belichtingen waren wel voldoende voor een goede bloemknopaanleg. Belichting in de tweede helft van de nacht had meer effect dan belichting in de eerste helft van de nacht. Het eerste onderzoek moest in verband met een volgend onderzoek worden beëindigd voordat de aangelegde bloemknoppen allemaal in bloei waren gekomen.

Tabel 10; *Callistephus* eindresultaten 23 mei tot 14 augustus. De gegevens in de tabel hebben betrekking op het moment dat de proef werd beëindigd. Bij de niet bloeiende planten waren op dat moment wel bloemknoppen aanwezig.

		Controle	0,20 μ mol EOD	0,05 μ mol EOD	0,20 μ mol EON	0,05 μ mol EON
Milady	planthoogte (cm)	10a	27,8b	15,1c	34,6d	20,9e
	% bloei	0	63	0	0	100
Kometa	planthoogte (cm)	10,4a	26,1b	8,5a	33,4c	17,4d
	% bloei	0	14	0	0	38
Starlight	planthoogte (cm)	10,5a	16,7b	7,1a	28,3c	8,9a
	% bloei	0	0	0	14	0

Conclusie

Callistephus is, met name in de tweede helft van de nacht, gevoelig voor licht met een sterkte van 0,05 μ mol. De gevoeligheid is per cultivar verschillend. Van de gebruikte cultivars was 'Milady' het meest gevoelig en 'Starlight' het minst. Belichting na aanleg van bloemknoppen stimuleert de stengelstrekking ten koste van de uitgroeisnelheid van de aangelegde bloemknoppen. In overeenstemming met wat Cockshull (1985a) vond was voor deze strekking meer licht nodig dan voor de inductie van bloei.

4.4 Chrysant

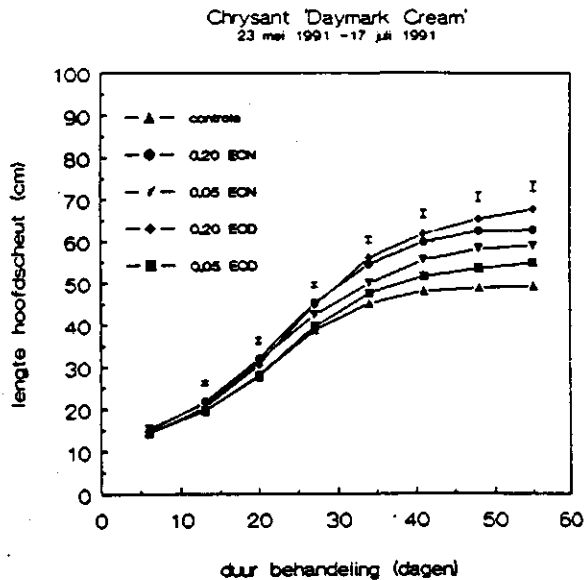
De bloemknopontwikkeling bij chrysant 'Daymark Cream' werd zowel in de zomer als in het najaar door de verschillende belichtingen beïnvloed. Chrysant reageerde op de korte dag vrijwel direct met de aanleg van bloemknoppen. Na twee weken behandeling werden al significante effecten op de lengtegroei gevonden. Tegelijkertijd met de bloemknopaanleg nam de lengtegroei van de planten af (afbeelding 3 en 4). Bij 0,05 μmol vond ook aanleg van bloemknoppen plaats, maar met enkele dagen vertraging ten opzichte van de niet belichte planten. De lengte van de hoofdscheut (tabel 11) was bij een belichting van 0,05 μmol in de voornacht langer. Het effect van licht met gelijke sterkte was in de nanacht groter dan in de voornacht. Splittakken, waardoor de lengte van de hoofdscheut achterbleef bij die van de hele plant, kwamen in de zomer bij alle belichtingen voor (afbeelding 3, 4, 5 en 6), terwijl in het najaar dit alleen het geval was bij de belichting met 0,20 μmol in de eerste helft van de nacht. Bij de met 0,20 μmol tijdens de nanacht belichte planten was in het najaar zelfs na een teeltduur van 84 dagen (36 afgesplitste bladeren, lengte gemiddeld 118 cm) nog geen zijscheut of bloemknop zichtbaar.

Tabel 11 Eindresultaten chrysant 'Daymark Cream' 23-05 tot 17-07

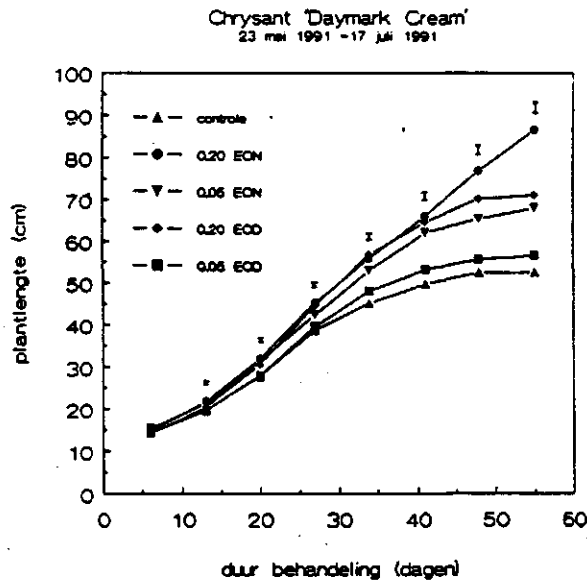
Behandeling	Controle	0,20 μmol EOD	0,05 μmol EOD	0,20 μmol EON	0,05 μmol EON
Dagen tot bloei	48a	> 55	55b	> 55	> 55
open bloemen	4,10a	0,0	0,80b	0,0	0,0
knoppen > 1cm	23,5a	2,4b	16,0c	0,0d	2,2e
apex zijscheuten generatief	+	-	+	-	+
apex hoofdscheut generatief	+	+	+	+	+
plantlengte	53a	71b	56c	86d	68c
lengte hoofdscheut	49a	68b	55c	61d	61d
plantgewicht (g)	54a	63b	53a	70c	63b

Tabel 12 Eindresultaten chrysant 'Daymark Cream' 6-09/11-11

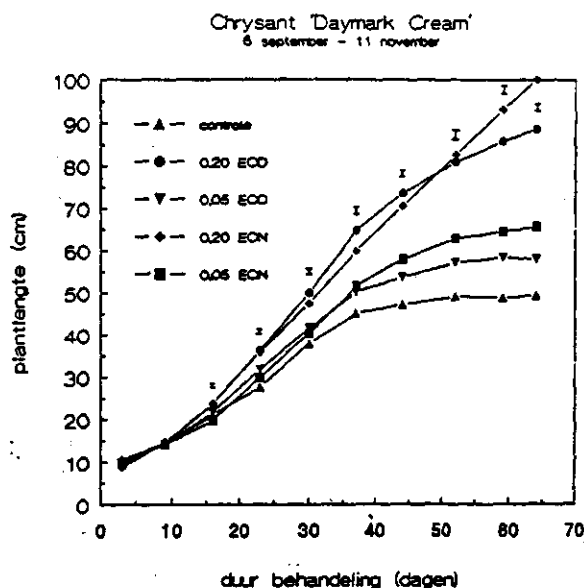
Behandeling	Controle	0,20 μ mol EOD	0,05 μ mol EOD	0,20 μ mol EON	0,05 μ mol EON
Dagen tot bloei	55a	>67	67b	>67	>67
aantal open bloemen	8,3a	0,0	2,0b	0,0	0,0
knoppen > 1cm	3,2a	3,5a	9,8b	0,0	14,2c
apex zij scheuten generatief	+	+	+	afwezig	+
apex hoofdscheut generatief	+	+	+	-	+
internodium 1e zij scheut	11,2a	17,8b	11,9a	>30,9	14,3b
internodium laatste zij scheut	18,2a	21,7b	19,1a	>30,9	21,8b
plantlengte (cm)	49,2a	88,5d	57,9b	100,0e	65,5c
lengte hoofdscheut cm	49,2a	81,5b	57,8b	100,0e	65,5c
plantgewicht	39,7a	56,2b	39,9a	53,5b	43,6c
aantal internodiën tot hoofdknop	18,2a	17,8a	19,1b	30,9c	21,8d



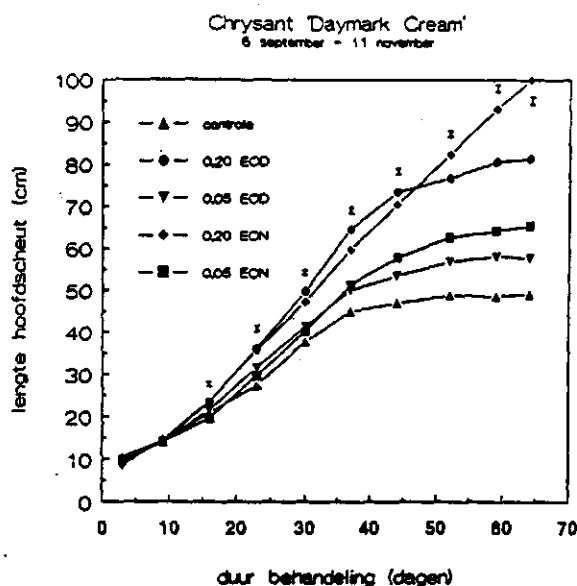
Afbeelding 3 Chrysant 'Daymark Cream'; Plantlengte bij de verschillende belichtingen. $LSD_{0,95}$ weergegeven met een vertikale streep.



Afbeelding 4 Chrysant 'Daymark Cream'; Lengtegroei van de hoofdscheut bij de verschillende belichtingen. $LSD_{0,95}$ weergegeven met een vertikale streep.



Afbeelding 5 Chrysant 'Daymark Cream'; Plantlengte bij de verschillende belichtingen. $LSD_{0,95}$ weergegeven met een verticale streep.



Afbeelding 6 Chrysant 'Daymark Cream'; Lengtegroei bij de verschillende belichtingen. $LSD_{0,95}$ weergegeven met een verticale streep.

Conclusie

Licht met een sterkte van $0,05 \mu\text{mol}$ wordt door chrysant 'Daymark cream' niet altijd als donker ervaren. De gevoeligheid voor licht tijdens de donkerperiode is niet voor de hele 'nacht' gelijk. Het effect van het licht tijdens het onderzoek varieerde tussen een vertraging van de bloei van ongeveer een week tot een volledige remming van de bloemknopaanleg (gedurende de lengte van het onderzoek).

4.5 *Fuchsia*

Fuchsia 'Beacon' reageerde alleen op belichting met een sterkte van 0,20 μmol met aanleg van bloemknoppen. Gedurende het onderzoek werden geen bloemknoppen aangelegd bij de met 0,05 μmol belichte en de onbelichte planten (tabel 13 en 14). Zowel in het eerste experiment als in het tweede experiment bleek de vorming van bloemknoppen bij belichting met 0,20 μmol in de tweede helft van de nacht sneller te verlopen dan bij belichting met dezelfde sterkte in de eerste helft van de nacht. De bloemknoppen werden bij belichting in de nanacht lager (en dus eerder) op de stengel aangelegd. Hoewel tijdens het onderzoek geen bloemknoppen werden aangelegd bij de met 0,05 μmol belichte planten, bleek stekmateriaal afkomstig van de met 0,05 μmol belichte planten onder langedagomstandigheden sneller te bloeien dan stekmateriaal afkomstig van met 0,05 μmol in de voornacht en de niet belichte planten. Dit zou een aanwijzing kunnen zijn voor partiële bloeiinductie (Bernier, 1988).

Tabel 13 Resultaten eindooft *Fuchsia* 'Beacon' 23 mei 1991 tot 14 augustus 1991

Behandeling	Controle	0,20 μmol EOD	0,05 μmol EOD	0,20 μmol EON	0,05 μmol EON
dagen tot bloei	>82	68	>82	65	>82
plantlengte (cm)	41	45	44	42	45
positie eerste bloem	>18	9,1	>18	8,9	>18

Tabel 14 Resultaten eindooft *Fuchsia* 'Beacon' 2 september 1991 tot 4 december 1991

Behandeling	Controle	0,20 μmol EOD	0,05 μmol EOD	0,20 μmol EON	0,05 μmol EON
dagen tot bloei	>93	93a	>93	71b	>93
plantlengte (cm)	62	68	66	59	63
positie eerste bloem	>18	15,6a	>18	12,8b	>18

Conclusie

Licht met een sterkte van 0,05 μmol was onvoldoende om bloei te induceren bij *Fuchsia* 'Beacon'. De aanleg van bloemknoppen kan door belichting met 0,20 μmol worden geïnduceerd. De gevoeligheid voor licht in de nanacht is groter dan voor licht in de voornacht.

4.6 Poinsettia

Bloeiinductie werd bij Poinsettia 'Angelika' door alle gegeven belichtingen tegengehouden. Opvallend was dat de tijd vanaf het moment van korte dag tot de uiteindelijke bloei bij het onderzoek van 23 mei tot 14 augustus gelijk was aan de tijd bij het onderzoek van 2 september tot 12 november (tabel 15 en 16). De hoeveelheid daglicht had in dit onderzoek geen invloed op de ontwikkelingssnelheid van de bloemen. Door de overgang van vegetatieve groei naar generatieve groei neemt de groeisnelheid, en daardoor de plantlengte, vooral tijdens de zomerteelt duidelijk af. De groei tijdens het onderzoek van 2 september tot 12 november was door de kleinere hoeveelheid daglicht duidelijk minder dan tijdens het onderzoek in de zomer. Het groeiverschil tussen de onbelichte en de belichte planten was bij het tweede onderzoek ook minder duidelijk. Opvallend is dat de lengte van de planten die zijn belicht met $0,05 \mu\text{mol}$ aan het eind van de behandeling nauwelijks langer was dan die van de onbelichte planten, terwijl de met $0,20$

μmol belichte planten wel langer waren dan de controleplanten. Mogelijk was bij de laagste belichtingssterkte sprake van partiële inductie (Bernier, 1988)

Tabel 15 Resultaten eindooft Poinsettia 'Angelika' 23 mei 1991 tot 14 augustus 1991

Behandeling	Controle	$0,20 \mu\text{mol}$ EOD	$0,05 \mu\text{mol}$ EOD	$0,20 \mu\text{mol}$ EON	$0,05 \mu\text{mol}$ EON
dagen tot roodkleuring	33	>83	>83	>83	>83
dagen tot bloei	81	>83	>83	>83	>83
plantlengte (cm)	42a	66b	62b	68b	60b

Tabel 16 Resultaten eindooft Poinsettia 'Angelika' 2 september 1991 tot 12 november 1991.

Behandeling	Controle	$0,20 \mu\text{mol}$ EOD	$0,05 \mu\text{mol}$ EOD	$0,20 \mu\text{mol}$ EON	$0,05 \mu\text{mol}$ EON
dagen tot begin roodkleuring	35	>84	>84	>84	>84
dagen tot bloei	84	>84	>84	>84	>84
plantlengte (cm)	17a	27b	21ac	23bc	18a

Conclusie

De bloei van Poinsettia 'Angelika' kan door licht met een sterkte van $0,05 \mu\text{mol}$ tegengehouden worden (voor de duur van het onderzoek).

4.7 *Cymbidium*

De eerste takken van 'Superba' werden in de eerste week van januari geoogst, de laatste takken werden 1 april 1992 geoogst. Het verloop van de takproductie is weergegeven in afbeelding 7. Van de niet belichte planten werden gemiddeld meer takken geoogst. De variatie tussen de planten binnen de behandelingen was echter erg groot. Het aantal takken per plant varieerde binnen een behandeling bij 'Superba' tussen de twee en veertien. Door deze variatie was het behandelingsverschil dat nodig was om een significant behandelingseffect aan te kunnen tonen erg groot (tabel 17 $LSD_{0,95}$). De gevonden verschillen tussen de behandelingen waren daarom statistisch niet betrouwbaar. De produktie van 'Pink Joal' viel in de periode tussen 2 maart en 14 mei. Het verloop van de takproductie is weergegeven in afbeelding 8. De produktie van de niet belichte planten was hoger dan de produktie van de belichte planten. Net zoals bij 'Superba' was de variatie tussen de planten binnen een behandeling erg groot. Het aantal takken per plant varieerde binnen een behandeling tussen de twee en acht (over alle behandelingen zelfs tussen twee en elf). Het verschil tussen de takproductie van de niet belichte planten en de met $0,25 \mu\text{mol}$ belichte planten van 'Pink Joal' was, in tegenstelling tot het verschil tussen de behandelingen met 'Superba' net statistisch betrouwbaar (onbetrouwbaarheid 5%). Het aantal bloemen per plant was bij de verschillende behandelingen niet betrouwbaar verschillend.

Opvallend was de sterke variatie binnen de behandelingen. Voor het aantonen van produktieverschillen bij 'Superba' en 'Pink Joal' van minimaal een tak per plant (produktieverschil respectievelijk 13 en 16%) zijn respectievelijk per behandeling vijftig en dertig planten nodig.

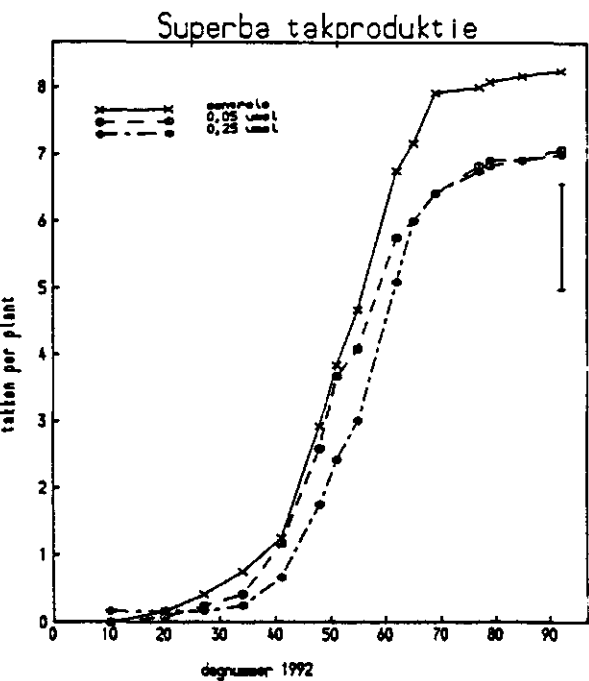
Het lijkt onwaarschijnlijk dat de produktie van hoog- en laagproducerende planten in een volgend produktieseizoen zal zijn omgekeerd. Voor een gemiddelde produktie zou bijvoorbeeld een plant van 'Superba' met dit jaar een produktie van twee takken het volgend jaar twaalf takken moeten produceren en een plant met veertien takken dit jaar helemaal geen. Uitsellecteren van slecht producerende planten lijkt een aantrekkelijke, relatief eenvoudige methode voor verhoging van de opbrengst.

Conclusie

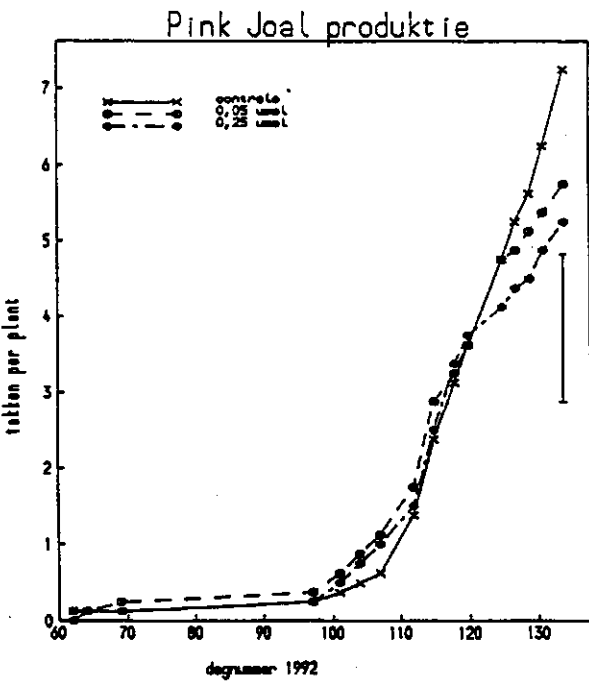
Hoewel de verschillen tussen de behandelingen relatief gezien erg groot waren kon een belichtingseffect, door de zeer grote variatie tussen de planten, erg moeilijk worden bewezen. Het bij 'Pink Joal' gevonden effect was net significant. Dat wijst erop dat SON-T licht met een sterkte van $0,25 \mu\text{mol}$ de produktie negatief kan beïnvloeden. De verkregen gegevens berusten echter op een in enkelvoud uitgevoerde proef en kunnen daarom slechts worden gezien als een sterke aanwijzing voor een negatief effect van de belichting op de produktie.

Tabel 17 Eindresultaten *Cymbidium* 'Suberba' en 'Pink Joal'.

Behandeling	Controle	0,05 μ mol	0,25 μ mol	LSD _{0,95}
SUPERBA				
taklengte (cm)	59,7	60,5	61,1	3,08
lengte bloembezetting (cm)	29,1	29,5	31,0	1,90
aantal bloemen per tak	14,6	14,3	14,9	0,96
tagewicht (g)	94,7	94,8	97,7	9,47
aantal bloemen per plant	121	101	104	30,8
aantal takken per plant	8,3	7,1	7,0	2,02
PINK JOAL				
taklengte (cm)	56,1	55,5	58,5	6,26
lengte bloembezetting (cm)	23,1	22,8	25,0	2,65
aantal bloemen per tak	9,3	8,9	9,9	1,09
tagewicht (g)	125	120	137	21,52
aantal takken per plant	7,3a	5,8ab	5,3b	1,90
aantal bloemen per plant	67,6	51,2	52,0	17,08



Afbeelding 7 *Cymbidium* 'Superba'; aantal geproduceerde takken per plant. LSD_{0,95} weergegeven met een verticale streep.



Afbeelding 8 *Cymbidium* 'Pink Joal'; aantal geproduceerde takken per plant. LSD_{0,95} weergegeven met een verticale streep.

5 SAMENVATTENDE DISCUSSIE EN CONCLUSIES

Uit de onderzoeksresultaten kan worden geconcludeerd dat de plantontwikkeling van verschillende cultuurgewassen door kleine hoeveelheden SON-T licht gedurende de natuurlijke donkerperiode beïnvloed kan worden. Licht met een sterkte van $0,05 \mu\text{mol}$ wordt door verschillende cultuurgewassen waargenomen. In situaties waarin de hoeveelheid licht waarden bereikt waarbij in het onderzoek effecten op plantontwikkeling zijn gevonden, bestaat dus een risico dat de groei en ontwikkeling beïnvloed wordt. Omdat $0,05 \mu\text{mol}$ in het onderzoek de laagste belichtingssterkte was, is niet duidelijk wat de grens zou moeten zijn waaronder licht door planten niet meer wordt waargenomen. Het is duidelijk dat de gevoeligheid sterk gewasafhankelijk is. Bovendien is uit de literatuur bekend dat factoren zoals gewasstadium, voorgeschiedenis, kasklimaat, voeding en watergift de gevoeligheid kunnen beïnvloeden.

Wetenschappelijk onderzoek naar effecten van buurmanlicht voor iedere mogelijke praktijksituatie is door het grote aantal verschillende situaties uitgesloten. Het is dus ook niet mogelijk met enige zekerheid of bij benadering iets te zeggen over de mate van uitval of schade bij een gewas die zal ontstaan in geval van indirecte en directe belichting.

De in het onderzoek gebruikte (regelmatige) lichtregimes zullen in de praktijk niet voorkomen. Alleen wanneer licht direct (via gevel) op een gewas valt is er sprake van een regelmatig regime. Daarbovenop komt nog het licht dat indirect, door reflectie tegen bewolking en dus onregelmatig, op het gewas terechtkomt. Of het ontbreken van regelmaat tot meer of minder effect zal leiden is niet bekend.

Bij de chrysantenteelt wordt vaak gebruik gemaakt van cyclische belichting waarbij gedurende een bepaalde periode in de nacht ieder half uur vijf minuten wordt belicht. De belichting heeft vrijwel hetzelfde effect als een nachtonderbreking van enkele uren continu licht zolang de gegeven lichtsom gelijk is. Van Kalanchoë (een kortedagplant) is bekend dat een langedag of lichtonderbreking gedurende een periode van bloei-inducerende kortedagen resulteert in een bloeivertraging van anderhalf tot twee dagen (Cockshull, 1985b). Uit literatuur is verder bekend dat omstandigheden die op zichzelf niet sterk genoeg zijn om bepaalde reacties te induceren wel de gevoeligheid van een gewas kunnen vergroten (Bernier, 1984). Dit zou betekenen dat ook bij onregelmatig voorkomende lichtonderbrekingen effecten kunnen ontstaan.

Omdat uit het onderzoek regelmatig bleek dat in de nanacht de gevoeligheid voor licht groter was dan in de voornacht, kan de kans op schade misschien worden verkleind door aanpassing van het belichtingsregime. Over het effect van de lichtintensiteit overdag is weinig bekend, maar in de literatuur zijn voorbeelden bekend waaruit blijkt dat de gevoeligheid voor licht tijdens de normale donkerperiode afneemt met toenemende hoeveelheid daglicht. Wanneer dit ook voor korte periodes (een dag) zou gelden biedt dit misschien nog een mogelijkheid het belichtingsregime aan te passen door na een dag met weinig instraling minder te belichten. Het is daarbij wel de vraag of het rendement van, in een bepaalde periode, gegeven assimilatiebelichting afhankelijk is van de daglichtsom.

6 REFERENTIES

- Arthur, J.M., Gutrie, J.D., J.M. Newell. 1930. Some effects of artificial climates on the growth and chemical composition of plants. *Amer. Jour. Bot.* 17: 416-482.
- Bernier, G., 1985. The factors controlling floral evocation; an overview. In *Light and the flowering process*. Vince-Prue, D., Thomas, B., Cockshull, K.E. Academic press. London p. 278-291.
- Blacqui re, Tj. 1991. Schade moeilijk aantoonbaar (3), buurmanlicht leidt tot claims. *Vakblad voor de Bloemisterij* 33: 40-41.
- Calvert, A., 1959. Effects of the early environment on the development of flowering in tomato. Light and temperature interactions. *J. Hortic. Sci.* 36:154-162
- Consulentschap in Algemene Dienst voor de Bloemisterij, Proefstation voor Tuinbouw onder Glas te Naaldwijk, proefstation voor de Bloemisterij te Aalsmeer.
- Cockshull, K.E. and Hughes, A.P. 1969. Growth and dry-weight distribution in *Callistephus chinensis* as influenced by lighting treatment. *Ann. Bot.*, 33, 367-379.
- Cockshull, K.E. 1972. Photoperiodic control of flowering in chrysanthemum, in *Crop Processes un controlled environments*, Rees, A.R., Cockshull, K.E., Hand, D.W., Hurd, R.G. ed., Academic Press, London: 235-250
- Cockshull, K.E. 1975. Premature budding in year-round chrysanthemums, *Ann. Rep. Glasshouse Crops Res. Inst.*:128-136
- Cockshull, K.E. 1985. Chrysanthemum morifolium. -In: *Handbook of flowering*. Halevy, A.H. (ed), Vol II p. 238-257, CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida.
- Cockshull, K.E. 1985a. *Callistephus chinensis*. -In: *Handbook of flowering*. Halevy, A.H. (ed), Vol II p. 112-114, CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida.
- Cockshull, K.E. 1985b. The photoperiodic induction of flowering in short-day plants. In *Light and the flowering process*. Vince-Prue, D., Thomas, B., Cockshull, K.E. Academic press. London p. 33-49.
- Gaba V., Black, M. 1979. Two separate photoreceptors control hypocotyl elongation in green seedlings. *Nature* 278: 51-54
- Grueber, K.L. 1985. Euphorbia pulcherrima. -In: *Handbook of flowering*. Halevy, A.H. (ed), Vol II p. 488-495, CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida.
- Highkin, H.R., Hanson, J.B.. 1954. Possible interaction between light-dark cycles and endogenous daily rhythms on the growth of tomato plants. *Plant Physiol* 29: 301-302.
- Hart, J.W. 1991, *Light and plant growth. Topics in plant physiology I*. Unwin Hyman London. 204p
- Hillman, W.S. 1956. Injury of tomatoplants by continuous light and unfavorable photoperiodic cycles. *American journal of Botany* 43: 89-96.
- Hurd, R.G. 1973. Long-day effects on growth and flower initiation of tomato plants in low light. *Ann. Appl. Biol.* 73: 221-228
- Hussey, G. 1963. Growth and development in the young tomato. The effect of temperature and light intensity on growth of the shoot apex and leaf primordia. *J. Exp. Bot.* 14:316-325
- Van Os, P., Verwey, J. 1991. Assimilatiebelichting bij Cymbidium afgeraden. *Vakblad voor de bloemisterij* 29: 54-55.
- Kinet, J.M. 1977. Effect of light conditions on the development if the inflorescence in tomato. *Sci. Hortic.*,6:15-26
- Kooistra, E. 1967, Femaleness in breeding glasshouse cucumbers, *Euphytica*, 10:1-17
- Langhans, R.W., Miller, R.O. 1960. Influence of daylength, temperature and number of short days on the flowering of Poinsettia. *Proc. Am. Soc. Hortic. Sci.* 87: 515-520.

- Lin, L.C. en Watson, D.P., 1950. The influence of daylength and temperature on the growth and flowering of *Callistephus chinensis* Nees. Proc. Am Soc. Hortic. Sci., **55**, 441-446
- Maisano, J.J. jr. 1977. Bud delay on poinsettia, Conn. Greenhouse Newsl., **81**, 22-23.
- Nitsch, J.P., Kurz, E.B., Livermann, J.L., Went, F.W. 1852. The development of sex expression in cucurbit flowers, Am. J. Bot. **39**: 32-43
- Picken, A.J.F., Hurd, R.G. a,d Vince Prue, D. 1985. *Lycopersicon esculentum*. -In: Handbook of flowering. Halevy, A.H. (ed), Vol III p. 330-346, CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida.
- Rudich, J. 1985. *Cucumis Sativus*. -In: Handbook of flowering. Halevy, A.H. (ed), Vol II p. 365-373, CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida.
- Sachs, R.M. en Bretz C.F. 1960. The effect of daylength, temperature and gibberellic acid upon flowering in *Fuchsia hybrida*, Proc. Amer. Soc. Hortic. Sci. **80**:581-588
- Vince Prue, D., Thomas, D., Cockshull, K.E. (edt) 1984. Light and the flowering process. Ac. Press. London. GB 301 p. ISBN 0-12-721960-9.
- Vince Prue, D. 1975. Photoperiodism in plants. McGraw-Hill Book Company (UK) ISBN 0-07-084048-2. 444p
- Wilkins, H.F. 1985. *Fuchsia * Hybrida*. -In: Handbook of flowering. Halevy, A.H. (ed), Vol. III p. 38-41, CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida.
- Withrow, R.B. and Benedict, H.M. 1936. Photoperiodic responses of certain greenhouse annuals as influenced by intensity and wavelengths of artificial light used to lengthen the daylight period. Pl. Physiol., **11**, 225-249.

Bijlage 1: LICHTMETINGEN TER ONDERSTEUNING VAN HET ONDERZOEK NAAR BUURMANLICHT

1 Inleiding

Vaak is er sprake van een concentratie van glastuinbouwbedrijven, waar verschillende bedrijven gebruik maken van assimilatiebelichting. Afhankelijk van bewolking en afstand tot de belichtende bedrijven kan de hoeveelheid licht die uiteindelijk op een bepaalde plaats terecht komt sterk variëren. Bij mistig weer (of zeer laag hangende bewolking) wordt vooral de directe omgeving van een belichtend bedrijf verlicht. Bij toenemende bewolkingshoogte wordt het licht over een groter gebied verspreid. Kwantitatieve informatie over het voorkomen en sterkte van dit licht is niet beschikbaar. De in het onderzoek gebruikte lichtsterktes van 0,05 en 0,20 $\mu\text{mol PAR}$ (*Cymbidium* 0,05 en 0,25 μmol) zijn gekozen op grond van de 4 lux (4 lux SON-T komt ongeveer overeen met 0,05 $\mu\text{mol PAR SON-T}$) norm die door het Landbouwschap is opgesteld. Bij die verordening is als uitgangspunt genomen dat chrysanten dagverlenging met licht met een sterkte van 4 lux niet 'waarnemen'. Komt de lichtsterkte op de erfscheiding als gevolg van door de gevel uitstralend licht boven 4 lux, dan moet een gevelscherd worden aangebracht.

Door het model van Van Rijssel zoals dat is gebruikt in het eindrapport over lichtuitstoot bij assimilatiebelichting ten behoeve van de adviseur Beroepen Milieubeheer (Van Rijssel, 1991) worden waarden voorspeld die, als gevolg van reflectie tegen bewolking van door het kasdek uitstralend licht, boven 4 lux kunnen uitkomen. Volgens het model is de lichtsterkte in de omgeving van belichtende bedrijven sterk afhankelijk van bewolkingsdichtheid en aantal belichtende bedrijven in de omgeving. Hoe hoger de bewolking hoe verder het uitgestraalde licht over de omgeving verspreid wordt. Omdat dit model niet in de praktijk is getoetst en omdat niet bekend was of de in het onderzoek gebruikte lichtsterktes vergelijkbaar waren met in de praktijk voorkomende waarden, zijn in het najaar van 1991 en het voorjaar van 1992 enkele oriënterende metingen verricht.

2 Problemen bij het meten van licht

Gebruikte eenheden. Voor het meten van licht worden verschillende eenheden gebruikt. Dit veroorzaakt veel onduidelijkheid, vooral wanneer licht met een verschillend stralingsspectrum bekeken wordt. Tegenwoordig zijn de drie meest gebruikte eenheden lumen, joules en fotonen. De stralingssterkte wordt verkregen door het aantal eenheden dat per seconde een bepaalde oppervlakte raakt. ($\text{lumen s}^{-1}\text{m}^{-2}$ (=lux), $\text{Joules s}^{-1}\text{m}^{-2}$ (= Watt m^{-2}) en $\text{fotonen s}^{-1}\text{m}^{-2}$).

Straling uit het golflengtegebied tussen 400 en 700 nm wordt door planten gebruikt bij de fotosynthese. Het golflengtegebied waarin planten licht als informatiebron gebruiken ligt tussen 380 en 800 nm. De gevoeligheid van planten voor straling is niet te vergelijken met de ooggevoeligheid. De eenheid lux, die daarop is gebaseerd, is daarom ongeschikt als absolute maat voor groei- of stuurlicht bij planten. Zeker wanneer straling met verschillende stralingsspectra moet worden vergeleken. De eenheid lux kan, in de praktijk, in principe wel gebruikt worden als relatieve maat zolang sprake is van hetzelfde stralingsspectrum. Zodra echter lichtbronnen met verschillend stralingsspectrum moeten worden vergeleken is de eenheid lux onbruikbaar. Hetzelfde geldt wanneer met behulp van kleurfilters in het scherm de spectrale samenstelling van het uitredende licht veranderd wordt.

De fotosynthese wordt bepaald door het aantal geabsorbeerde fotonen uit het golflengtegebied tussen 400 en 700 nm. De fotosynthetisch actieve straling (PAR) wordt daarom tegenwoordig uitgedrukt als het aantal (meestal in μmol) fotonen uit het golflengtegebied tussen 400 en 700 nm. De energieinhoud van fotonen neemt af met toenemende golflengte. Per foton wordt een bepaalde hoeveelheid energie gebruikt voor de fotosynthese. Dat betekent dat de energieëfficiëntie van fotonen in de fotosynthese verbetert naarmate de golflengte toeneemt (tussen 400 en 700 nm). Het effect van iedere geabsorbeerde foton uit het golflengtegebied tussen 400 en 700 nm is voor een gewas echter vrijwel hetzelfde (McCree, 1972). De (energie) eenheid Watt houdt hiermee geen rekening en is daarom minder geschikt als eenheid voor fotosynthetisch actieve straling. Door PAR uit te drukken in Watt wordt de straling met korte golflengte overgewaardeerd.

Door planten wordt informatie over de (licht)omgeving verzameld met behulp van verschillende pigmenten (fotoreceptoren) met ieder een specifiek absorptie- en actiespectrum in het golflengtegebied tussen 300 en 800 nm. Hierdoor is het onmogelijk een plantgevoeligheidscurve te geven voor stuurlicht. De hoeveelheid fotosynthetisch actieve straling (PAR in aantal fotonen) is in dit geval ook een ongeschikte absolute maat om de hoeveelheid stuur- of informatielicht te waarderen. De tot nu toe beste manier om stuurlicht te karakteriseren is het geven van de spectrale fotonenverdeling.

Voor het in elkaar omrekenen van de verschillende eenheden bestaan verschillende omrekeningsfactoren, die echter niet eenduidig zijn. Zo varieert de, in literatuur gehanteerde, omrekeningsfactor voor SON-T licht van μmol fotonen naar lux tussen de 71 en 91!. Bij omrekening van meetwaarden naar andere eenheden kunnen dus forse fouten ontstaan.

Het verkeerde gebruik van eenheden om de hoeveelheid en samenstelling van straling aan te geven leidt in veel gevallen tot verkeerde conclusies en tegenstrijdige resultaten van lichtonderzoek met planten, vooral wanneer verschillende lichtbronnen met elkaar worden vergeleken.

Meetmethode en sensortype. Naast het gebruik van de juiste eenheid om straling te karakteriseren levert het meten van de straling de nodige problemen op. Bij het meten van door een gevel vallend licht heeft de hoekgevoeligheid van de meetsensor invloed op het meetresultaat. De meeste sensoren geven vergelijkbare waarden wanneer diffuse straling wordt gemeten. Er bestaat echter een grote variatie tussen verschillende fotodetectors wat betreft de hoekafhankelijke stralinggevoeligheid (zie bijvoorbeeld Anonymous, 1985). Zelfs cosinus gecorrigeerde sensoren kunnen onderling 25% verschillen (Bottemanne pers. meded). Gebruik van verschillende sensoren onder omstandigheden waarbij de te meten straling niet homogeen verdeeld is of onder een hoek op de sensor valt, geeft daardoor verschillende resultaten. Bij metingen aan assimilatiebelichting is bijna altijd sprake van een inhomogene of niet diffuse lichtverdeling. Gebruik van verschillende sensoren leidt in dit soort gevallen tot niet vergelijkbare resultaten. Voor goed vergelijkbare resultaten moeten sensortype en meetcondities heel nauwkeurig omschreven worden.

Vaak worden meetresultaten omgerekend naar bepaalde eenheden (Watt, μmol fotonen, lux) zonder de meetcondities en sensortype te vermelden. Het gebruik van dezelfde eenheid maakt de met verschillende sensoren verkregen resultaten niet beter vergelijkbaar, maar geeft wel aanleiding tot vergelijking en daardoor tot onduidelijkheid. De verordening van het Landbouwschap met betrekking tot belichting is in 1988 ontstaan na problemen met 'buurmanlicht'. De vastgestelde maximale norm voor lichtemissie door de gevel is gesteld op 4 lux gemeten met een vlakke lichtmeter in een horizontaal

vlak op de erfscheiding. Meten in een verticaal vlak, in de richting waar het licht vandaan komt, is moeilijk door de invloed van de kasconstructie op de meetresultaten. Het verschil tussen meten van straling in een horizontaal vlak en een verticaal vlak, terwijl het licht door de gevel valt, kan in sommige gevallen (afhankelijk van afstand tot de kas, kashoogte, ophanghoogte van lampen en meethoogte) meer dan een factor tien bedragen. Dat betekent dat wanneer 3 lux wordt gemeten in een horizontaal vlak geen gevelschermbeschermer geplaatst hoeft te worden, maar het lichtniveau in een verticaal vlak gemeten 30 lux kan bedragen.

Terwijl een gevelschermbeschermer het direct binnenvallend assimilatielicht tegenhoudt, komt door het kasdek uittredend licht, door reflectie tegen het wolkendek, ook in de omgeving van een belichtend bedrijf terecht. Het meten van dit (indirecte) licht levert wat minder problemen op omdat de verdeling over het algemeen veel meer diffuus is en daardoor de invloed van het type sensor op de gevonden meetwaarden minder groot. Overigens heeft het plaatsen van een gevelschermbeschermer in veel gevallen voor een duidelijke verbetering van de situatie gezorgd. In veel situaties kon, voor het aanbrengen van een scherm, een duidelijke correlatie worden waargenomen tussen de lichtgradiënt van het buurmanlicht en de gewasreactie. Door het plaatsen van een gevelschermbeschermer verdween de lichtgradiënt en daarmee de zichtbare reactie van het gewas daarop. Na het ingaan van de verordening is het aantal meldingen van schade dan ook afgenomen. In sommige gevallen neemt een gevelschermbeschermer voor de buurkas zoveel dag/groeilicht weg dat dáárdoor een negatief effect ontstaat. Volgens een teler waarbij dit het geval was, was het middel (in dit geval) erger dan de kwaal.

Direct en indirect binnenvallend assimilatielicht. Het verschil tussen direct en indirect binnenvallend assimilatielicht is dat in het eerste geval sprake is van een vrijwel niet veranderende lichtsterkteverdeling. In het tweede geval van een sterk wisselende (bewolkingsafhankelijk) lichtsterkteverdeling. Bij direct binnenvallend assimilatielicht is bij daarvoor gevoelige gewassen een direct verband waarneembaar tussen lichtgradiënt en de reactie van het gewas. Hoe hoger en dichter het gewas, hoe minder ver het licht in de kas zal doordringen. De afstand waarover licht uit een belichtend bedrijf wordt verspreid is afhankelijk van de bewolking. Bij mistig weer of zeer laaghangende bewolking, wordt vooral de directe omgeving van een belichtend bedrijf verlicht. Bij toenemende bewolkingshoogte wordt het licht van een individueel bedrijf over een groter gebied verspreid. Tegelijkertijd neemt het lichtaandeel van andere verderafgelegen belichtende bedrijven op de hoeveelheid licht toe.

3 Lichtmetingen in de praktijk

Bij de metingen is gebruik gemaakt van drie verschillende stralingsmeters.

- 1 Draagbare Bottemanne fotosynthetische stralingssensor RA 200Q, oplossend vermogen 0,01 $\mu\text{mol PAR}$.
- 2 Draagbare PRC luxmeter nr 106, oplossend vermogen 0,1 lux, beschikbaar gesteld door het Landbouwschap
- 3 Licor quantumsensor, gekoppeld aan een Keithley 485 picoammeter in combinatie met een analoge datalogger (Kipp), oplossend vermogen ongeveer 0,00002 μmol . (Vaste opstelling)

Alle gebruikte sensoren waren vlakke lichtsensoren, dat betekent cosinus gecorrigeerd voor een hoek van minimaal 80° (ten opzicht van loodlijn)

Uit enkele oriënterende metingen waarbij gebruik gemaakt is van kunstlicht bleek de gevoeligheid van de sensoren vergelijkbaar. (vergelijking Bottemanne met PRC en Bottemanne met Licor)

Voor de eerste metingen is gemeten met de eerste twee meters. Daarbij is gelet op de volgende factoren:

- geen andere lichtbronnen of obstakels in de nabije omgeving
- geen directe belichting van de sensor
- meten in horizontaal vlak (waterpas)
- bij metingen in de buurt van belichtende bedrijven geen direct licht (via gevel)

Praktijkmetingen met draagbare meters. Met de Bottemanne en PRC-meter zijn verschillende metingen in de omgeving van Aalsmeer en Kudelstaart uitgevoerd. Bij alle metingen was er sprake van meerdere belichtende bedrijven binnen een straal van 400 meter van het meetpunt. Tijdens de metingen bleek dat binnen enkele minuten, ondanks een ogenschijnlijk homogene bewolking, toch sterke wisselingen in lichtsterkte kunnen voorkomen. Voor het bepalen van een lichtverdeling moet dus op meerdere plaatsen tegelijkertijd worden gemeten gedurende langere tijd. Bij de eerste metingen zijn waarden gemeten van $0,10 \mu\text{mol}$ (ongeveer 7-9 lux) op een afstand van 250 meter van het dichtstbijzijnde belichtende bedrijf. Op het moment dat deze waarden zijn gemeten was het zwaar bewolkt met een vrijwel volledig egaal gesloten wolkendek. Opvallend was dat in deze situatie de afstand tot een belichtend bedrijf geen grote invloed had op de gemeten lichtsterkte. In een aan een belichtend bedrijf grenzend, niet belichtend bedrijf zijn waarden gemeten van 5 lux tot op een afstand van 200 meter van het belichtende bedrijf. Op dezelfde plaats was de hoeveelheid licht tijdens onbewolkt weer met de gebruikte meters niet meetbaar. Onder deze omstandigheden was de lichtsterkte op een afstand van meer dan 10 meter van een belichtend bedrijf te laag om te meten.

Praktijkmetingen met vaste opstelling. In het voorjaar van 1992 kwam apparatuur beschikbaar waarmee het mogelijk was de lichtsterkte continu te registreren. Met deze meetapparatuur zijn gedurende enkele dagen (12-18 maart) bij een bedrijf enkele metingen verricht. Dit bedrijf lag midden in een gebied met verschillende belichtende bedrijven en was daarom goed geschikt voor dit soort metingen.

De sensor (Licor) is horizontaal (meethoogte 1,50 meter) opgesteld op 10 meter van de gevel grenzend aan een bedrijf met assimilatiebelichting. Er was een gevelscherm aangebracht. Ondanks een gesloten gevelscherm kwam tijdens onbewolkt weer licht in de kas terecht. In de eerste plaats omdat het gevelscherm niet helemaal lichtdicht was, in de tweede plaats omdat door het dek van de kas met belichting uitstralend licht reflecteerde tegen de binnenkant van het hoger gelegen dek van de kas zonder belichting. De onder deze omstandigheden gemeten lichtsterkte was $0,005 \mu\text{mol}$.

Gedurende een week is de lichtsterkte op een plaats continu gemeten. De hoogste waarden ($0,07 \mu\text{mol}$) zijn gemeten bij een gesloten laaghangende bewolking. Bij hogere wisselende (niet gesloten) bewolking werden pieken gevonden die in de buurt kwamen van $0,03 \mu\text{mol}$.

Conclusies. Hoewel het directe buurmanlicht door een gevelscherm wordt weggenomen kan de lichtsterkte gedurende de nacht, door reflectie van door het dek vallend licht tegen een wolkendek, in de kas van een niet belichtende teler boven de $0,05 \mu\text{mol}$ komen. Dat is meer dan de laagste belichtingssterkte in het onderzoek naar effecten van kleine hoeveelheden SON-T licht.

De in de praktijk gemeten lichtsterktes liggen dus in de buurt van de lichtsterktes die in het onderzoek zijn gebruikt. De meetresultaten geven ook steun aan het model van Van Rijssel. De gevonden lichtsterktes liggen redelijk in de buurt van de door het model voorspelde waarden. Voor een goede verificatie van het model zijn meer en andere metingen nodig dan de metingen die nu zijn uitgevoerd. Met de huidige meetresultaten kan bijvoorbeeld niets gezegd worden over de afstand tot het belichtende bedrijf, de weersgesteldheid en de relatie daarvan met de hoeveelheid licht die op een bepaalde plaats terechtkomt. Daarvoor moet op meerdere plaatsen tegelijk worden gemeten, of in een schaalmodel worden uitgetest (Mw Van Berghem, TNO Soesterberg). Door wisselende bewolking wisselt ook de hoeveelheid buurmanlicht die via reflectie een kas binnenkomt sterk. Of hierdoor het effect op gewasontwikkeling wordt beïnvloed is moeilijk te zeggen. Veel gewassen reageren op nachtonderbreking even sterk als op continue belichting maar er is meestal wel een minimale (gewasafhankelijke) dosis licht nodig.

Referenties

- Anonymous, 1985. Silicon photodetectors and infrared emitters. Siemens data book 1985/1986.
- Van Rijssel, E. 1991. Wolken kaatsen veel licht terug, Vakblad voor de bloemisterij 33: 38-39
- McCree, K.J. 1972. Agricultural Meteorology 9:191-216.