- Innovatiegids voor siertelers & groenvoorzieners -

Zuinig en doordacht belichten, natuurlijk!

Hoe je belichting optimaliseren, plantkwaliteit verbeteren
én rendabiliteit verhogen

PCS

Deze innovatiegids is een uitgave van het Proefcentrum voor Sierteelt (PCS) en kwam tot stand binnen het project 'GreenGrowing', gefinancierd door het Interreg IVB North Sea Region Programme,

in samenwerking met het IWT-project 'Kennisgedreven sturing van plantfysiologische processen in de sierteelt ter bevordering van plantkwaliteit' en het praktijkonderzoek op het PCS.

colofon

Auteurs: Liesbet Blindeman (PCS), Bert Schamp (PCS), Annelies Christiaens (PCS en UGent)
Eindredactie: Kathy Van Belleghem (PCS)
Vormgeving: Evelien Van Conkelberge (PCS)
Fotografie: PCS en iStock, tenzij anders vermeld
Locatie coverfoto: Rudy Raes bloemzaden nv
Druk: Graphius

Depotnummer: D/2015/13.378/1
Verantwoordelijke uitgever: Bruno Gobin (PCS), Schaessestraat 18, 9070 Destelbergen, België

© PCS 2015 - Alle rechten voorbehouden: niets uit deze uitgave mag, geheel of gedeeltelijk, vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt worden zonder voorafgaand schriftelijk akkoord van de uitgever. De auteur en uitgever streven naar betrouwbaarheid van de gepubliceerde informatie waarvoor ze echter niet aansprakelijk kunnen worden gesteld.

Een digitale versie vind je op www.pcsierteelt.be.

edito

Je belichting optimaliseren, plantkwaliteit verbeteren én rendabiliteit verhogen, het kan

Licht is een belangrijke groeifactor, bijbelichten is dan ook essentieel om jaarrond topkwaliteit te blijven produceren. De keuze van de juiste belichting en de instelling van de juiste belichtingsperiode verhoogt de plantkwaliteit en heeft eveneens een effect op je energieverbruik. Dit spaart geld en milieu.

Deze innovatiegids van het PCS geeft je een overzicht van factoren waarmee je rekening dient te houden bij energiezuinige en doordachte belichting. Je bedrijf vaart er dus wel bij om deze kennis te benutten. De gids helpt je de belichtingsnoden van je teelt en je bedrijf in kaart te brengen en beredeneerde beslissingen te nemen. Jij innoveert, dit rendeert. Maak maximaal gebruik van de praktijkkennis die het Proefcentrum voor Sierteelt de laatste jaren opgebouwd heeft, want natuurlijk helpen we jou en de sector graag verder op weg. Veel succes!

Bruno Gobin
Directeur PCS

Sander Vercamer
Voorzitter PCS

inhoud

Onderneem je reeds de juiste acties voor je belichting en beschik je reeds over de nodige kennis voor het belichten van je teelt?

1. Weet welk licht essentieel is voor planten 5

1.1. De zon, een bron van licht voor de plant 6
1.2. Hoeveel licht heeft een plant nodig om te groeien? 8
1.3. Hoe reageert een plant op lichtkwaliteit? 11
1.4. Weet de plant hoe lang de dag duurt? 14

2. Voer de lichtmeting foutloos uit 17

2.1. Met welke sensoren meet je het licht correct? 18
2.2. Hoe rekenen met licht? 21

3. Gebruik belichting voor verschillende doelen 26

3.1. Welke lamptypes zijn beschikbaar om je teelt te belichten? 27
3.2. Toepassingen met assimilatiebelichting 31
3.3. Toepassingen met stuurlicht 34
3.4. Toepassingen zonder daglicht 36

4. Het economisch plaatje belicht 41

4.1. Doordacht omgaan met energieverbruik 42
4.2. Met kennis van zaken investeren in nieuwe belichting 45
4.3. Besparen door het rendement van de belichting te optimaliseren 49

5. Tot slot 52

Trefwoordenlijst 52
Literatuurlijst 53
Onderzoek rond licht en energie 54
10 tips voor een zuinige en doordachte belichting 55

1

Weet welk licht essentieel is voor planten

Licht is essentieel voor de groei, ontwikkeling en bloei van planten. Planten reageren zowel op de intensiteit, kwaliteit, duur als richting van het licht. Om de plant optimaal het licht te laten benutten, moeten we weten hoe de plant met licht omgaat.

1.1. De zon, een bron van licht voor de plant

Dankzij het zonlicht, dat we dagelijks ter beschikking krijgen, groeien onze planten. Dit is de goedkoopste licht- én energiebron.

Door haar hoge oppervlaktetemperatuur van 5.760°C geeft de zon straling in de vorm van elektromagnetische golven af. Deze straling wordt door de atmosfeer gefilterd en komt als globale straling op onze aarde terecht.

GLOBALE STRALING VAN DE ZON

De globale straling bevindt zich in het golflengtebereik van 280 tot 3.000 nm. Hierin onderscheiden we verschillende soorten licht die gekarakteriseerd worden door hun golflengte. De golflengte hangt samen met de stralingsenergie: hoe korter de golflengte, hoe groter de energie-inhoud.

1. ULTRAVIOLETTE STRALING (UV)

Het deel van de globale straling met de kortste golflengte is UV-licht (< 400 nm). Ongeveer 3% van de straling die de aarde bereikt is UV-licht. Dit heel energierijk licht kan schade veroorzaken aan plant, dier en mens. Denk maar aan het verbranden van onze huid als we te lang in de zon vertoeven zonder bescherming, maar ook aan degradatie van kunststoffen zoals plastic folies.

UV-licht wordt onderverdeeld in:
- UV-C (< 280 nm)
- UV-B (280-315 nm)
- UV-A (315-400 nm)

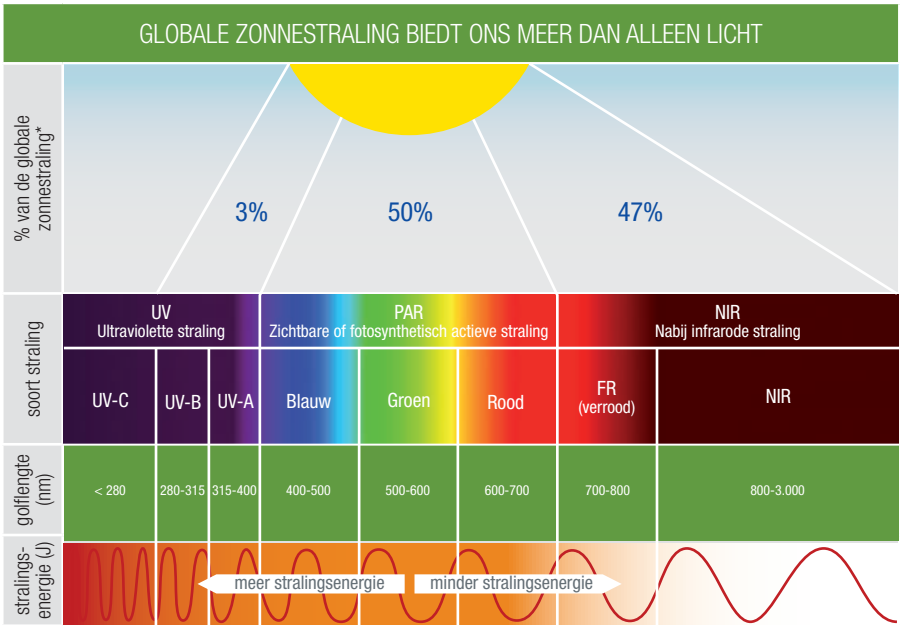
UV-C wordt nagenoeg volledig geabsorbeerd door de ozonlaag waardoor de schadelijke effecten worden geminimaliseerd. UV-C licht kent wel zijn nut in de tuinbouw voor o.a. ontsmetting van gietwater, maar ook bestraling van het gewas is mogelijk voor schimmelbestrijding.

2. FOTOSYNTHETISCH ACTIEVE STRALING (PAR)

Ongeveer 50% van de globale straling bevindt zich in het golflengtegebied tussen 400 en 700 nm. Dit is het deel van het licht dat zichtbaar is voor de mens, maar ook door de planten wordt gebruikt voor fotosynthese. Rood en blauw licht zijn het meest efficiënt voor de fotosynthese van de plant, maar dragen ook bij tot het sturen van verschillende plantprocessen zoals kieming, bloei ...

3. NABIJ INFRAROOD LICHT (NIR)

Het deel van de globale straling dat zorgt voor opwarming bedraagt ongeveer 47%, dit is de nabij infrarode straling (700-3.000 nm). Dit deel van het zonlicht wordt nauwelijks gebruikt door de plant, maar zorgt ervoor dat



* De verhoudingen tussen verschillende types licht zijn klimaat- en regiogebonden.

de serretemperatuur toeneemt. Het gedeelte tussen 700 en 800 nm is het verrood licht en levert wel een bijdrage aan de morfogenese, zoals het strekken van de plant.

LANGGOLVIGE STRALING (FIR)

Ver infrarood (FIR) is straling met een lange golflengte, tussen 3.000 en 100.000 nm, die niet door de zon wordt uitgestraald, maar door voorwerpen met aardse temperaturen wordt afgegeven.

LICHTKWALITEIT EN LICHTINTENSITEIT

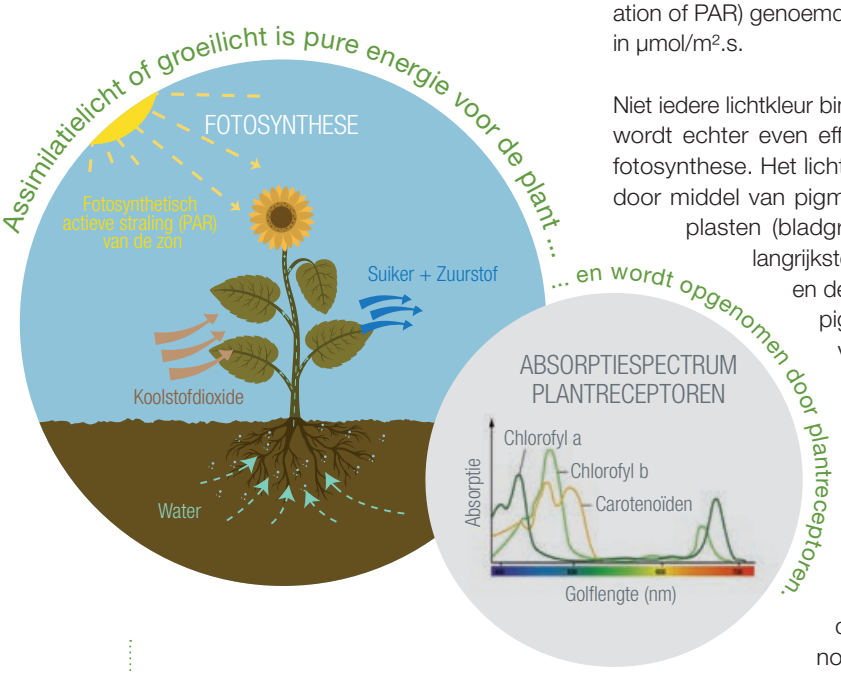
Zowel de lichtintensiteit als de lichtkwaliteit van de globale straling die de aarde bereikt, varieert en wordt beïnvloed door verschillende factoren: de zonnestand, de geografische breedte, het seizoen, het tijdstip van de dag en de mate van bewolking. Zo zal het aandeel aan UV-straling in zomermaanden, met een hoge zonnestand, groter zijn dan in wintermaanden, die worden gekenmerkt door een lage zonnestand.

Ook verhoudingen tussen bepaalde lichtkleuren kunnen variëren gedurende een dag. Zo blijft de R/FR-verhouding vrij constant over de seizoenen, maar aan het einde van de dag neemt het aandeel verrood licht toe, waardoor de R/FR-verhouding 's avonds daalt.

Advies
Door het aanbrengen van oppervlaktecoatings is het mogelijk om de lichttransmissie van glas, kunststofplaten en -folies te verhogen. Op de markt zijn ook diverse krijtmiddelen beschikbaar die de intensiteit en kwaliteit van het licht in de serre kunnen beïnvloeden.

1.2. Hoeveel licht heeft een plant nodig om te groeien?

De lichtbehoefte voor voldoende fotosynthese en optimale plantengroei is steeds afhankelijk van de plantensoort en omgevingsfactoren.



Licht is dus essentieel voor fotosynthese, en meer bepaald het licht binnen de bandbreedte van 400 tot 700 nm. Deze voor de plant bruikbare straling wordt de fotosynthetisch actieve straling (Photosynthetic Active Radiation of PAR) genoemd en wordt uitgedrukt in µmol/m².s.

Niet iedere lichtkleur binnen de 400-700 nm wordt echter even efficiënt gebruikt voor fotosynthese. Het licht wordt opgevangen door middel van pigmenten in de chloroplasten (bladgroenkorrels), de belangrijkste zijn chlorofyl a en b en de carotenoïden. Deze pigmenten absorberen voornamelijk licht in het rode en blauwe deel van het lichtspectrum. Rood en blauw licht zijn bijgevolg de efficiëntste kleuren voor fotosynthese. Rood licht wordt door de plant zelfs nog iets efficiënter gebruikt dan blauw licht.

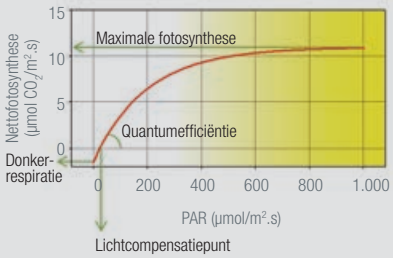
FOTOSYNTHESE EN LICHT

Fotosynthese betekent letterlijk synthese door middel van fotonen (= licht). Lichtenergie wordt gebruikt om CO_2 en water om te zetten in suikers en zuurstof. De gevormde suikers vormen de energiebron voor groei.

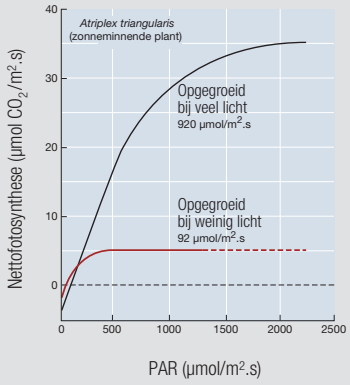
$$\underset{\text{Koolstof-dioxide}}{6\,CO_2} + \underset{\text{Water}}{6\,H_2O} \xrightarrow[\text{energie}]{\text{Licht-}} \underset{\text{Suiker}}{C_6H_{12}O_6} + \underset{\text{Zuurstof}}{6\,O_2}$$

Naast licht is fotosynthese sterk afhankelijk van de plantensoort en de omgeving waarin de plant groeit. Belangrijke omgevingsfactoren zijn CO_2 en temperatuur. Een verhoogde CO_2-concentratie zorgt voor een verhoogde fotosynthese. De CO_2-concentratie in de lucht is normaal 400 ppm, wanneer deze wordt verhoogd tot bv. 1.000 ppm kan dit voor 50% meer fotosynthese zorgen. Temperatuur is vooral van belang bij proces-

LICHTRESPONSIECURVE	FOTOSYNTHESE: GROEI BIJ HOGE EN LAGE LICHTINTENSITEIT



De fotosynthese, gemeten bij verschillende lichtintensiteiten, resulteert in een lichtresponsiecurve. In het donker is er respiratie, de nettofotosynthese is nul op het lichtcompensatiepunt en de efficiëntie van de fotosynthese wordt aangegeven door de initiële helling van de curve.



Taiz & Zeiger (2010)

Bij weinig licht zullen de planten die opgegroeid zijn onder lage lichtintensiteit een hogere fotosynthese hebben, het tegenovergestelde geldt bij hogere lichtintensiteiten.

sen waarbij de suikers verder worden omgezet tot energie. Bij hoge temperaturen gaan deze processen snel, en stijgt bijgevolg ook de fotosynthesesnelheid.

HOEVEEL LICHT IS NODIG VOOR GROEI?

Voor de groei (= assimilatie van biomassa) van planten is groeilicht noodzakelijk. Hoeveel licht een plant nodig heeft, kan het best bepaald worden door de fotosynthese te meten bij verschillende lichtintensiteiten. Het resultaat is een lichtresponsiecurve. Voor groei moet een minimum aan licht aanwezig zijn (= lichtcompensatiepunt); bij te weinig licht worden geen suikers gevormd, maar afgebroken (= respiratie). Te veel licht is ook niet gewenst; uit het oogpunt van fotosynthese is te veel licht niet meer efficiënt (de curve vlakt af tot een maximale fotosynthese), en dan kan schermen in de serre gewenst zijn om schade aan de planten door te hoge instraling te voorkomen. Aangezien de lichtresponsiecurve geen rechte lijn is, zal niet iedere extra µmol aan licht evenveel extra fotosynthese en dus groei opleveren. Bovendien is de lichtresponsiecurve afhankelijk van de lichtomstandigheden waarin een plant groeit.

Het lichtcompensatiepunt geeft aan hoeveel licht minimaal nodig is op één moment om

LICHTBEHOEFTE VOOR EEN AANTAL SIERTEELTGEWASSEN

PLANT	GEMIDDELDE DLI (MOL/M².DAG) IN SERRE														
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
Maranta, Saintpaulia, Spathiphyllum, Phalaenopsis															
Aglaonema, Bromelia, Dieffenbachia, Dracaena, Nephrolepis															
Caladium, Hedera															
Begonia (hiemalis), Sinningia, Schlumbergera															
Cyclamen															
Impatiens, Kalanchoe, Primula															
Pelargonium peltatum															
Fuchsia															
Euphorbia															
Hydrangea															
Chrysanthemum (pot), *Dianthus, Gazania, Gerbera, Lobularia, Pelargonium hortorum, Rosa* (pot), *Schefflera, Viola*															
Aster, Catharanthus, Vinca, Cosmos, Croton, Dahlia, Ficus benjamina, Lantana, Lavendula, Tagetes, Petunia, Phlox, Sedum, Verbena															
Snijbloemen (*Alstroemeria, Chrysanthemum, Gladiolus, Rosa*)															

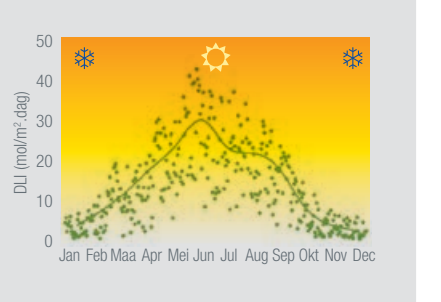
Minimaal aanvaardbare kwaliteit Goede kwaliteit Hoge kwaliteit

Torres & Lopez (2010)

Tip
Bijbelichting sturen op DLI kan door overdag de lichtsom te meten en 's nachts het tekort met assimilatiebelichting aan te vullen. Wanneer er overdag voldoende licht was, hoeft niet meer bijbelicht te worden, wat een besparing oplevert.

voor groei te zorgen. Aangezien we altijd een dag en nacht hebben, is vooral de lichtsom belangrijk. In het donker is er respiratie (negatieve fotosynthese) en dit moet overdag gecompenseerd worden met voldoende licht. De totale hoeveelheid licht die op één dag wordt verkregen, wordt DLI (daily light integral of dagelijkse lichtsom) genoemd en uitgedrukt in mol/m².dag. Deze DLI bepaalt de groei van de plant. Een minimale DLI is nodig voor groei. Een hogere DLI zorgt voor meer groei, maar ook hier bereikt de plant een maximum waarbij extra licht geen extra groei of kwaliteit meer toevoegt.

GEMIDDELDE DLI IN BELGIË



Deze grafiek toont de gemiddelde DLI gedurende het jaar in een serre met 70% transmissie in België. Bijbelichten zal dan ook maar nuttig zijn in de donkerste maanden van het jaar.

1.3. Hoe reageert een plant op lichtkwaliteit?

"Stuurlicht stuurt plantprocessen zoals vertakking, bloei en strekking."

Planten van topkwaliteit leveren is een bekommernis van elke teler. Om te kiemen, tot een bepaalde grootte of vorm uit te groeien of te bloeien, kan de teler de plantkwaliteit beïnvloeden met stuurlicht. Het lichtspectrum speelt daarbij een cruciale rol.

FOTORECEPTOREN VERTELLEN DE PLANT WAT HET LICHTSPECTRUM IS

De rol en het effect van licht op de ontwikkeling van de plant wordt fotomorfogenese genoemd. De spectrale samenstelling van het licht zal deze morfogenese sturen. Hiervoor bevatten planten fotoreceptoren die gevoelig zijn voor bepaalde lichtkleuren:

- De fotoreceptor die het sterkst rood en verrood licht absorbeert, is fytochroom.
- Cryptochroom en fototropine zijn receptoren gevoelig voor UV-A en blauw licht.
- Ook UV-B licht heeft een specifieke receptor, namelijk UVR8.

Met deze receptoren worden verschillende processen in de plant gestuurd, zoals celstrekking, bladmorfologie, verdamping, dag/nachtritme, bloei, beworteling, vertakking, kieming …

ROOD-VERROOD RECEPTOR: FYTOCHROOM

Fytochroom bestaat in twee vormen, een inactieve vorm (Pr) en een actieve vorm (Pfr). Onder invloed van rood licht wordt de inactieve vorm omgezet naar de actieve vorm; het omgekeerde gebeurt onder invloed van verrood licht.

EFFECT VAN LICHTKLEUREN OP DE PLANT*					
Soort licht	UV-B (280-315 nm)	UV-A (315-400 nm)	BLAUW (400-500 nm)	ROOD (600-700 nm)	VERROOD (700-800 nm)
Receptor	UVR8	cryptochroom, fototropine	cryptochroom, fototropine	fytochroom	fytochroom
MORFOGENESE					
Gewasstrekking	↓	↓	↓	↓	↑
Vertakking	↑		↑	↑	↓
Bladoppervlak	↓		↓	↓	↑
Bladdikte	↑		↑	↑	↓
Opening huidmondjes			↑		
AANMAAK PIGMENTEN					
Anthocyanen	↑	↑	↑	↑	
Flavonoïden	↑	↑			
Chlorofyl	↓		↑	↑	
Carotenoïden			↑		
GROEI					
Fotosynthese	↓	↑	↑	↑	
Biomassa	↓				
FOTOTROPISME	↑		↑		
ONTWIKKELING					
Kieming			↑↓	↑	↓
Bloei			↑↓	↑↓	↑↓

* Bij aanwezigheid van meerdere kleuren licht.

Hemming (2004)

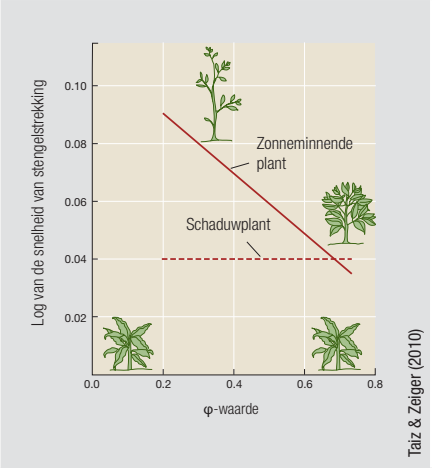
De relatieve hoeveelheid van het actieve fytochroom zal verschillende reacties triggeren in de plant. Dit betekent dus dat vooral de verhouding R/FR-licht belangrijk is; bij veel rood licht zal er veel actief fytochroom aanwezig zijn. We kunnen het licht dus best karakteriseren door de R/FR-verhouding te bepalen. Hiervoor maken we gebruik van de smalle bandbreedte in golflengte voor rood en verrood licht omdat de absorptiemaxima van het fytochroom hierin vallen.

R/FR-verhouding

$$= \frac{\text{aantal fotonen tussen 655 - 665 nm}}{\text{aantal fotonen tussen 725 - 735 nm}}$$

Deze R/FR-verhouding is een eenvoudige benadering van het toegediende licht. Vanuit het standpunt van de plant is het beter om de φ-waarde te bepalen. Dit is het fytochroom foto-evenwicht, of de hoeveelheid actief fytochroom ten opzichte van het totaal.

STREKKING IN DE SCHADUW



Zonneminnende planten zullen bij een lagere φ-waarde (meer verrood licht in de schaduw) meer strekken en minder vertakken. Planten die al gewoon zijn om in de schaduw te groeien, vertonen dit effect niet.

Deze φ-waarde houdt rekening met het feit dat het absorptiespectrum van beide vormen fytochroom overlapt, waardoor ze altijd alle twee samen aanwezig zijn. Zo zal bij 100% rood licht niet alles worden omgezet naar actief fytochroom, maar is er nog steeds een fractie inactief fytochroom aanwezig. Bovendien is er ook een kleine absorptie mogelijk in het blauw spectrum van het licht door fytochroom, hierdoor blijft de R/FR-verhouding gelijk, maar kan het aandeel actief fytochroom wel anders zijn en dus ook de reactie van de plant.

$$\varphi = \frac{Pfr}{Pr + Pfr}$$

Het zonlicht heeft een R/FR-verhouding van 1,2 en een φ-waarde van 0,7. Wanneer extra rood licht aan het zonlicht wordt toegevoegd, zullen deze waarden stijgen (maximum φ-waarde = 0,88). Wanneer planten in de schaduw groeien of onder andere planten staan, zal de fractie verrood licht hoger zijn, waardoor de R/FR-verhouding en de φ-waarde dalen. Door deze lage verhouding treedt een goed gekend fenomeen op: de plant zal de schaduw trachten te ontwijken. Dit doet ze door meer te gaan strekken en bijgevolg minder te vertakken. Sommige reacties veroorzaakt door het fytochroom, zoals zaadkieming, kunnen al getriggerd worden door heel kleine hoeveelheden licht of korte lichtpulsen. Fytochroom speelt ook een rol in het dag/nachtritme van de plant om bloei te induceren.

UV-A EN BLAUW RECEPTOREN: CRYPTOCHROOM EN FOTOTROPINE

De fotoreceptoren uit de cryptochroomfamilie voelen de richting en de hoeveelheid van het licht. Deze fotoreceptoren spelen een rol in de stand van het gewas gedurende de dag, maar ook in de opening van de huidmondjes, inhibitie van strekking en pigmentsynthese. De andere blauwe lichtreceptor, fototropine, is verantwoordelijk voor fototropisme of beweging van de plant, waardoor de plant naar het licht toe groeit. Verder regelt het ook de opening van de huidmondjes en de beweging van de chloroplasten in de cel om deze te beschermen bij hoge lichtintensiteiten.

UV-B RECEPTOR: UVR8

UV-B is een zeer hoge energetische straling die schade aan cellen veroorzaakt. De UVR8 receptor speelt een grote rol om de schadelijke invloed van UV-B te minimaliseren. Zo worden extra pigmenten aangemaakt om het teveel aan energie uit het licht weg te vangen en wordt het herstelmechanisme van de plant verhoogd.

Info
Bij zonsondergang neemt het aandeel verrood licht toe, waardoor de R/FR-verhouding van het zonlicht kan dalen tot 0,7.

1.4. Weet de plant hoe lang de dag duurt?

De reactie van planten op de lengte en het tijdstip van dag en nacht, wordt fotoperiodiciteit genoemd en maakt seizoensgebonden gebeurtenissen mogelijk.

BLOEIRESPONS BIJ LANGE OF KORTE DAG

De reacties van planten op daglengte zijn divers: kieming van zaden, vorming van opslagorganen, opstarten van dormantie (knoprust). Fotoperiodiciteit is echter het meest onderzocht en best gekend in relatie tot bloei.

Bloeiende planten kunnen in drie categorieën worden onderverdeeld:

- Kortedagplanten: bloeien enkel (of de bloei wordt versneld) bij korte dag.
- Langedagplanten: bloeien enkel (of de bloei wordt versneld) bij lange dag.
- Dagneutrale planten: bloei wordt gestimuleerd door andere factoren dan daglengte.

Advies
Niet alle planten reageren op dezelfde manier op fotoperiodische belichting, ook al behoren ze tot een bepaalde groep (korte- of langedagplanten). Het bepalen van de nodige lichtintensiteit en lichtkwaliteit voor fotoperiodische belichting kan dus best aan de hand van een kleine proef.

Kortedagplanten bloeien bij korte dag wanneer de nachtlengte groter is dan de kritische nachtlengte, terwijl langedagplanten bloeien bij lange dag wanneer de nachtlengte kleiner is dan de kritische nachtlengte. Deze kritische dag/nachtlengte is sterk afhankelijk van de plant en hangt ook af van de breedtegraad waar de planten groeien.

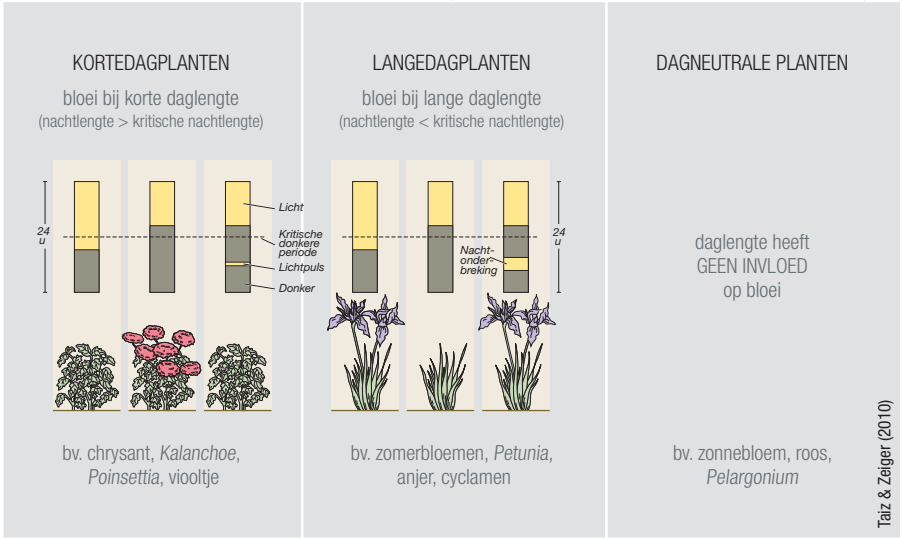
Het aantal korte of lange dagen die nodig zijn om bloei te induceren, is ook sterk plantafhankelijk. Bovendien hebben sommige planten eerst gedurende een periode korte dagen nodig en daarna lange dagen of vice versa om te bloeien.

BEPALEN VAN DE DAGLENGTE

Planten bepalen de daglengte aan de hand van de nacht. Kortedagplanten houden de tijd bij door de donkere periode te meten. Wanneer er een lange donkerperiode is, dan treedt bloei op. Wanneer tijdens de donkere periode licht wordt gegeven, dus een nachtonderbreking plaatsvindt, blijft de plant vegetatief. Hetzelfde geldt voor langedagplanten, ook deze meten de donkere periode. Een korte donkere periode zorgt voor bloei, ongeacht de lengte van de lichtperiode.

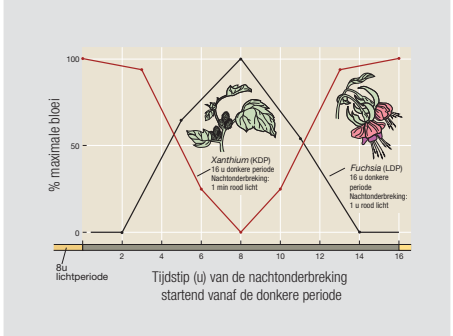
De fotoperiodiciteit is bovendien een reactie onder de controle van het fytochroom. Hoge concentraties actief fytochroom (Pfr) en lage concentraties inactief fytochroom (Pr) zorgen ervoor dat langedagplanten bloeien en kortedagplanten niet. Bij vele kortedagplanten is een nachtonderbreking dan ook enkel effectief wanneer de gegeven lichthoeveelheid genoeg was om voldoende inactief fytochroom om te zetten naar actief fytochroom (voldoende hoge φ-waarde; hoge R/FR-verhouding). Ook bij sommige langedagplan-

BLOEI BIJ KORTEDAG-, LANGEDAG- EN DAGNEUTRALE PLANTEN

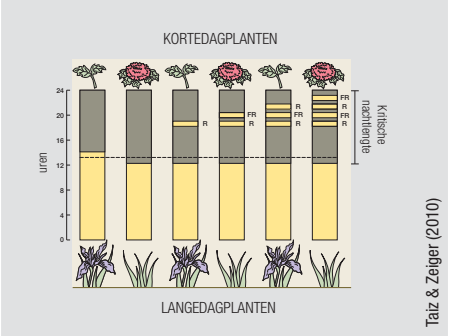


Kortedagplanten (lange nacht) bloeien wanneer de lengte van de nacht een kritische donkere periode overschrijdt. Een onderbreking in de donkere periode door een lichtpuls (nachtonderbreking) voorkomt bloei. Langedagplanten (korte nacht) bloeien wanneer de lengte van de nacht korter is dan een kritische donkere periode. Bij sommige langedagplanten kan het inkorten van de donkere periode met een nachtonderbreking bloei tot stand brengen.

NACHTONDERBREKING EFFICIËNTST IN HET MIDDEN VAN DE DONKERE PERIODE



BLOEIRESPONS OP RODE (R) EN VERRODE (FR) BELICHTING



Het tijdstip waarop de nachtonderbreking wordt gegeven, bepaalt de bloeirespons. Tijdens een lange donkere periode van 16 uur zal een nachtonderbreking voor bloei zorgen bij langedagplanten terwijl de kortedagplanten vegetatief blijven. In beide gevallen is het effect het grootst wanneer de nachtonderbreking in het midden van de donkere periode valt.

Effect van fytochroom op bloei: bij kortedagplanten zal een nachtonderbreking met rood licht bloei beletten; wanneer er verrood wordt gegeven, zal er toch bloei ontstaan. Bij langedagplanten is het effect op bloei omgekeerd.

ten speelt het fytochroom deze rol, maar is de controle meer complex omdat ook een blauwe lichtreceptor (cryptochroom) een bijkomende rol kan spelen.

STUREN VAN BLOEI MET FOTOPERIODISCHE BELICHTING

De mogelijkheid tot het sturen van de bloei met een nachtonderbreking wordt toegepast in de tuinbouw. Een voorbeeld om bloei te voorkomen bij kortedagplanten door 's nachts fotoperiodisch te belichten wordt gegeven op pagina 35.

De timing van de nachtonderbreking is bepalend voor het succes ervan. Zowel voor lange- als kortedagplanten is de nachtonderbreking het meest effectief in het midden van een donkere periode van 16 uur. Voor deze nachtonderbreking zijn slechts lage lichtintensiteiten nodig (vanaf 2 µmol/m².s) gedurende 2 tot 4 uur. Als alternatief voor een continue nachtonderbreking, kan ook cyclisch worden belicht. Hierbij kunnen lampen bijvoorbeeld 6 minuten aan- en 24 minuten uitgeschakeld worden voor een periode van 4 à 6 uur tijdens de nacht.

Uitgelicht: weet welk licht essentieel is voor planten

1. Het licht nuttig voor de fotosynthese bevindt zich tussen 400 en 700 nm (fotosynthetisch actieve straling of PAR).
2. Plantengroei is lichtafhankelijk: bij te weinig licht heb je verminderde groei, bijbelichten kan nuttig zijn in lichtarmere perioden.
3. Een plant bepaalt de daglengte door de duur van de nacht te meten. Bij korte- en langedagplanten kan door aanpassing van de nachtlengte de bloei beïnvloed worden.

2

Voer de lichtmeting foutloos uit

De juiste lichtmeting uitvoeren is geen evidentie. Als we het hebben over licht en lichthoeveelheid is het van groot belang deze uit te drukken in de juiste eenheid. De hoeveelheid licht kan gemeten worden met verschillende types sensoren, elk met een eigen gevoeligheid. Het is van groot belang het juiste meettoestel te gebruiken in functie van de toepassing. Pas als het licht op de juiste wijze gemeten wordt, kunnen correcte conclusies getrokken worden.

2.1. Met welke sensoren meet je het licht correct?

Verschillende meetsensoren zijn beschikbaar voor lichtmetingen. Gebruik steeds het juiste toestel voor het juiste doel, enkel zo kan je de juiste conclusies trekken uit je meetresultaten.

LUX-METER

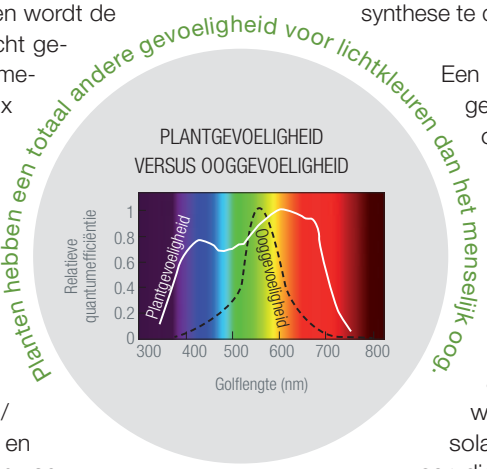
Alom gekend en dus ook het meest verspreide toestel voor lichtmetingen is de Lux-meter. De meeste lampen worden ontwikkeld voor toepassingen gericht op het menselijk oog. Voor deze doeleinden wordt de intensiteit van het licht gemeten met een Lux-meter en uitgedrukt in lux (lichtstroom/oppervlakte = lumen/m²). Lux is een fotometrische eenheid die gebaseerd is op de gemiddelde gevoeligheid van het menselijk oog. Deze gevoeligheid is het hoogst bij geel/groen licht (555 nm) en neemt af in de richting van de langere (rood) en kortere golflengten (blauw).

Planten hebben echter een totaal andere gevoeligheid voor lichtkleuren dan het menselijk oog, zij profiteren net wel van het rode en blauwe licht. Het is dan ook een slecht idee om voor tuinbouwtoepassingen met een Lux-meter lichtmetingen uit te voeren.

Tip
De aanschaf van een PAR-sensor is een nuttige investering. Je hebt al een PAR-sensor vanaf € 250.

PAR-SENSOR

Veel beter is het om gebruik te maken van een PAR-sensor. Een PAR-sensor meet het licht binnen het bereik van 400-700 nm, dit is de fotosynthetisch actieve straling, maar in tegenstelling tot de Lux-meter wordt hierbij geen rekening gehouden met de gevoeligheid van het menselijk oog. Deze sensor meet namelijk het totaal aantal 'fotonen' of lichtdeeltjes per eenheid van oppervlakte en tijd (µmol fotonen/m².s) die in het PAR-gebied liggen. Dit toestel meet dus de hoeveelheid licht die de plant kan gebruiken om aan fotosynthese te doen.



Een PAR-meter is de enige betrouwbare manier om te meten of een lichtbron geschikt is voor fotosynthese.

SOLARIMETER

Een sensor die op de meeste tuinbouwbedrijven aanwezig is in het weerstation, is de solarimeter. Deze sensor, die in de meteorologie gebruikt wordt, meet de stralingsenergie tussen 300 en 3.000 nm. Daarom wordt deze ook soms globaalstralingspyranometer genoemd. Het principe van de meting berust op een zwart oppervlak, dat bij het invallen van zonlicht opwarmt. De bereikte temperatuurverschillen ten opzichte van een referentieoppervlak zijn een maat voor de stralingsintensiteit. Aangezien géén specifieke filter aanwezig is, geeft het de energie van de straling weer per oppervlakte-eenheid. Deze wordt uitgedrukt in W/m².

OVERZICHT VAN LICHT- EN STRALINGSMETERS					
MEET-TOESTEL	LUX-METER	PAR-METER	SOLARIMETER	PYRGEOMETER	SPECTRORADIOMETER
Meting	Lichtsterkte	Fotonendichtheid voor fotosynthese	Globale straling	Langgolvige straling	Lichtspectrum
Beeld					
Eenheid	lux	µmol/m².s	W/m²	W/m²	µmol/m².s.nm
Meetbereik	400-700 nm	400-700 nm	300-3.000 nm	4.500-42.000 nm	200-1.000 nm
Waardering	Menselijk oog	Fotonen Fotosynthese	Stralingsenergie	Stralingsenergie	Fotonen per golflengte
Opmerking	Niet geschikt voor lichtmetingen op plantniveau	Meest geschikt om na te gaan hoeveel groei-licht er wordt toegediend	Ideaal voor gebruik in weerstation	In combinatie met een solarimeter kan dit een hulpmiddel zijn bij sturing van het schermdoek	Deze meter wordt enkel gebruikt voor onderzoek

Deze sensor wordt gebruikt voor aansturingsprocessen van de klimaatcomputer: open en dicht sturen van schermdoeken, aansturen van assimilatiebelichting, watergift … Maar het is zeker mogelijk om deze aansturing op basis van metingen door de PAR-sensor te laten gebeuren. Zeker nu er steeds meer gekrijt wordt met diffuse krijtmiddelen is een regeling van het schermdoek met een PAR-meter in de serre een stap vooruit. Deze meters zijn wel heel gevoelig voor schaduw, het is dan ook beter om twee PAR-meters te bevestigen zodat de draaiing van de zon wordt uitgemiddeld.

PYRGEOMETER

Energieverliezen (W/m²) door uitstraling kunnen worden opgemeten door een pyrgeometer of uitstralingsmeter. Deze sensor meet de langgolvige warmtestraling tussen 4.500 en 42.000 nm en wordt gebruikt om de warmteuitstraling van de serre te meten. Deze verschilt bij een heldere of bewolkte hemel. In combinatie met de klassieke meting van de solarimeter op het weerstation kan de pyrgeometer een hulpmiddel zijn voor een energiezuinigere schermregeling. Als de uitstraling groter is dan de instraling kan het energiescherm sneller dichtlopen om zo meer energie te besparen.

Onderhoud
Laat meetsensoren jaarlijks controleren en indien nodig afijken. Controleer deze ook zelf en reinig vervuilde sensoren met een droge, propere doek.

Advies
Het PCS beschikt over een spectroradiometer en een draagbare PAR-sensor. Heb je vragen omtrent het lichtspectrum en de lichtintensiteit van je lampen? Ben je benieuwd welke lichtspectra en intensiteiten er door het bedekkingsmateriaal van je serre worden weerhouden? Contacteer het PCS.

SPECTRORADIOMETER

Wanneer we willen weten welk lichtspectrum (golflengten) nu juist door een bepaalde lichtbron wordt uitgestuurd, moeten we gebruik maken van een spectroradiometer. Met dit meetinstrument kan de spectrale verdeling van het licht worden gemeten en kunnen verhoudingen tussen lichtkleuren worden bepaald. Deze meettoestellen hebben ook een ruimer meetbereik. In functie van het type toestel, wordt hier gemeten tussen 200 en 1.000 nm en geeft het ons het aantal fotonen of lichtdeeltjes per golflengte (µmol/m².s.nm).

Deze meettoestellen zijn zeer prijzig, maar kunnen nuttig zijn voor onderzoekstoepassingen, voor het opmeten van lichtspectra van alle soorten lichtbronnen, waaronder ook de LED's, of om te weten welke lichtspectra door de bedekkingsmaterialen van de serre, folies of krijtmiddelen worden weggefilterd.

"Een PAR-meter is de enige betrouwbare manier om te meten of een lichtbron geschikt is voor fotosynthese."

WEET HOEVEEL MICROMOL AAN (GROEI)LICHT JE BELICHTING GEEFT

Om een idee te hebben van de hoeveelheid micromol die je lichtinstallatie oplevert en de verdeling hiervan over het gewas te kennen, kan je zelf veldmetingen uitvoeren. Hierbij hou je best enkele aandachtspunten in het oog:

- Gebruik een draagbare PAR-meter voor het uitvoeren van de metingen.
- Zet een raster uit om de homogeniteit van de lichtverdeling in de serre na te gaan.
- Hou rekening met opwarmtijden bij bepaalde lamptypes zoals hogedruknatriumlampen of spaarlampen. Schakel daarom de lampen 30 minuten op voorhand aan.
- Doe metingen van je installatie onder lichtarme omstandigheden: doe andere lichtbronnen uit en meet 's avonds of 's morgens voor de zon opkomt of doe verduisteringsschermen dicht bij het meten.
- Het meettoestel mag niet kouder zijn dan de omgevingstemperatuur, anders vindt er condensvorming op de sensor plaats.
- Doe de metingen ter hoogte van het gewas en niet net onder de lampen en telkens op eenzelfde afstand tot de lampen bij vergelijkende metingen.
- Zorg dat het toestel waterpas staat bij elke meting.
- Let erop dat je zelf niet te dicht bij de sensor staat tijdens de meting om schaduwvorming te voorkomen.

2.2. Hoe rekenen met licht?

In de tuinbouw willen we weten hoeveel PAR-licht onze planten ontvangen, daarom meten we het licht best met een PAR-sensor. Indien deze niet ter beschikking is, kan je gebruik maken van andere meettoestellen, maar omrekenen van lichtgrootheden is lang niet zo eenvoudig. Zeker omdat iedere lichtbron ook een ander lichtspectrum produceert en omrekening tussen de eenheden spectrum- en dus lichtbronafhankelijk is.

VAN GLOBALE STRALING (W/M²) NAAR PAR-LICHT (µMOL/M².S)

De hoeveelheid daglicht in de serre varieert voortdurend, maar als teler meet je zelf zelden het licht direct in de serre. De kans is groot dat een sensor, die in de serre wordt geplaatst, wordt beïnvloed door schaduweffecten, vervuiling of overgroeid geraakt door het gewas. Daarom wordt de intensiteit van het natuurlijk groeilicht in de serre veelal afgeleid van de meting met de globale stralingsmeter (solarimeter). Deze straling wordt uitgedrukt in W/m². Omrekenen van W/m² (globale straling) naar µmol/m².s (PAR-licht) is niet zo eenvoudig. Door het jaar heen valt ongeveer 50% van de globale straling in het PAR-gebied (400-700 nm). Op een bewolkte dag zal dit percentage groeilicht hoger zijn dan op een heldere dag.

OMREKENINGSFACTOREN VOOR HET AANDEEL PAR			
VAN	NAAR	ZONLICHT	HOGEDRUKNATRIUM*
µmol/m².s	W/m²	0,219	0,201
W/m²	µmol/m².s	4,57	4,98
µmol/m².s	lux	54	82
lux	µmol/m².s	0,019	0,012
W/m²	lux	249	408
lux	W/m²	0,00402	0,00245

* Deze waarden gelden voor een hogedruknatriumlamp van 600 W.
De Groote *et al.* (1992)

OMREKENINGSFACTOREN VOOR HET AANDEEL PAR	
STRALINGSBRON	µMOL/M².S PER W/M²
Zonnestraling - diffuus	4,57
Zonnestraling - helder weer	4,24
Hogedruknatrium (600 W)	4,98
Gloeilamp	5,03
TL warm white	4,57
TL cool white	4,66

Hamlyn (2014)

REKENVOORBEELD: HOEVEEL µMOL PAR-LICHT KOMT ER IN DE SERRE TERECHT?

Wanneer we met de solarimeter in het weerstation van de serre een globale straling waarnemen van 200 W/m², hoeveel µmol PAR-licht komt er dan in de serre terecht als deze een lichtdoorlaatbaarheid van gemiddeld 70% heeft?

- Bij een serre met een lichtdoorlaatbaarheid van 70% wordt ongeveer 30% van het licht weerhouden. Van de 200 W/m² zal 70% tot in de serre doordringen:

  Stralingsenergie $_{\text{zonlicht in serre op plantniveau}}$
  = 200 W/m² x 0,7 (70% transmissie) = 140 W/m²

- Van de globale straling bevindt zich ongeveer 50% in het golflengtegebied tussen 400 en 700 nm (PAR-licht):

  Stralingsenergie $_{\text{PAR-licht in serre op plantniveau}}$
  = 140 W/m² x 0,5 (50% PAR)
  = 70 W/m² PAR-licht

- Met de omrekeningsfactor uit de tabel kunnen we voor zonlicht W/m² in µmol/m².s omzetten, in de tabel zie je dat deze factor voor diffuus zonlicht 4,57 bedraagt:

  Fotonen $_{\text{PAR-licht in serre op plantniveau}}$
  = 70 W/m² PAR x 4,57 (omrekeningsfactor diffuus zonlicht)
  = 320 µmol/m².s

Besluit: De planten ontvangen op dat ogenblik dus 320 µmol/m².s licht, nuttig voor fotosynthese.

Tip
Nog al te vaak worden lichteenheden in de praktijk uitgedrukt in lux. Denk eraan dat om lichtgrootheden om te rekenen van lux naar µmol/m².s verschillende omrekeningsfactoren moeten gebruikt worden in functie van de lichtbron. Vermijd dus metingen met een Lux-meter. Beter is het om een PAR-sensor te gebruiken.

HOE BEREKEN JE DE STRALINGS-/LICHTSOM?

Intensiteit van straling/licht is de hoeveelheid straling/licht op één moment of in één seconde, dus de hoeveelheid straling/licht per tijdseenheid. Een meter die stralingsenergie meet, zoals een solarimeter, drukt de intensiteit uit in W/m² of J/s.m². Een PAR-sensor meet de intensiteit in µmol/m².s. Indien we lichtsommen willen berekenen, wordt de intensiteit vermenigvuldigd met de factor tijd:

Stralingssom (J/m² of MJ/m²)
= stralingsintensiteit (W/m²)
x tijdseenheid (s)

Lichtsom (µmol/m² of mol/m²)
= lichtintensiteit (µmol/m².s)
x tijdseenheid (s)

Soms is het aangewezen om te weten hoeveel straling of licht er in de loop van de dag is geweest. In de tuinbouw wordt steeds vaker gebruik gemaakt van dagelijkse PAR-sommen (DLI = daily light integral).

DLI (mol/m².dag)

$$= \frac{\text{lichtintensiteit (µmol/m}^2\text{.s) x 86.400 s}}{1.000.000}$$

Dit is de totale hoeveelheid groeilicht die de plant krijgt gedurende 1 dag. In functie van de reeds gerealiseerde dagelijkse lichtsom kunnen assimilatielampen worden aan- of uitgestuurd. Na een zonnige dag kan er bijvoorbeeld voldoende groeilicht geweest zijn, waardoor er minder belicht hoeft te worden.

HOEVEEL EXTRA LICHT LEVERT ASSIMILATIEBELICHTING?

REKENVOORBEELD 1: WAT IS HET AANDEEL ASSIMILATIEBELICHTING?

Met hogedruknatriumlampen (600 W), die gemeten met een Lux-meter 7.000 lux opleveren, wordt 4 uur bijbelicht. 30% van het zonlicht wordt tegengehouden door het glas en de constructies van de serre.

SITUATIE 1: op een heldere zomerdag in juni wordt een dagelijkse stralingssom van 20 MJ/m² buiten gerealiseerd.

1. Bereken de hoeveelheid PAR-licht op plantniveau:

A. Dagelijkse stralingssom door zonlicht in de serre:

- 30% van het zonlicht wordt tegengehouden door de serre:

Stralingssom $_{\text{zonlicht in serre op plantniveau}}$
= 20 MJ/m² x 0,7 (70% transmissie)
= 14 MJ/m²

- Van de globale straling bevindt 50% zich in het golflengtegebied van het PAR-licht:

Stralingssom $_{\text{PAR-licht in serre op plantniveau}}$
= 14 MJ/m² x 0,5 (50% PAR) = 7 MJ/m² PAR

- Voor het omrekenen naar dagelijkste lichtsom (DLI) gebruiken we de omrekeningsfactor voor heldere zonnestraling omdat we te maken hebben met een zonnige dag:

DLI $_{\text{zonlicht in serre op plantniveau}}$
= 7 MJ/m² x 4,24 (omrekeningsfactor helder zonlicht)
= 29,7 mol/m².dag

B. Stralingssom door assimilatiebelichting in serre:

Stralingsintensiteit $_{\text{lux > µmol/m².s}}$
= 7.000 lux x 0,012 (omrekeningsfactor hogedruknatrium)
= 84 µmol/m².s

Duur $_{\text{assimilatiebelichting}}$ (in seconden)
= 4 uur x 3.600 seconden = 14.400 s

Stralingssom $_{\text{assimilatiebelichting op plantniveau}}$
= 84 µmol/m².s x 14.400 s
= 1.209.600 µmol/m².dag = 1,2 mol/m².dag

SITUATIE 2: op een donkere dag in maart bedraagt de lichtsom buiten slechts 2,5 MJ/m².

1. Bereken de hoeveelheid PAR-licht op plantniveau:

A. Dagelijkse stralingssom door zonlicht in de serre:

- 30% van het zonlicht wordt tegengehouden door de serre:

Stralingssom $_{\text{zonlicht in serre op plantniveau}}$
= 2,5 MJ/m² x 0,7 (70% transmissie)
= 1,75 MJ/m²

- Van de globale straling bevindt 50% zich in het golflengtegebied van het PAR-licht:

Stralingssom $_{\text{PAR-licht in serre op plantniveau}}$
= 1,75 MJ/m² x 0,5 (50% PAR) = 0,88 MJ/m² PAR

- Voor het omrekenen naar dagelijkste lichtsom (DLI) gebruiken we de omrekeningsfactor voor diffuse zonnestraling omdat we te maken hebben met een donkere dag:

DLI $_{\text{zonlicht in serre op plantniveau}}$
= 0,88 MJ/m² x 4,57 (omrekeningsfactor diffuus zonlicht)
= 4,0 mol/m².dag

B. Stralingssom door assimilatiebelichting in serre:

Stralingsintensiteit $_{\text{lux > µmol/m².s}}$
= 7.000 lux x 0,012 (omrekeningsfactor hogedruknatrium)
= 84 µmol/m².s

Duur $_{\text{assimilatiebelichting}}$ (in seconden)
= 4 uur x 3.600 seconden = 14.400 s

Stralingssom $_{\text{assimilatiebelichting op plantniveau}}$
= 84 µmol/m².s x 14.400 s
= 1.209.600 µmol/m².dag = 1,2 mol/m².dag

Vervolg situatie 1:

C. Totale lichtsom op plantniveau:

DLI $_{totaal}$
= 29,7 mol/m².dag + 1,2 mol/m².dag
= 30,9 mol/m².dag

2. Bereken hoeveel extra licht (%) werd toegediend door de lampen:

% PAR-licht $_{assimilatiebelichting\ op\ plantniveau}$
= (1,2 mol/m².dag : 29,7 mol/m².dag) x 100 = 4%

4 uur bijbelichting met hogedruknatriumlampen levert in dit geval slechts **4% extra PAR-licht** op voor de plant.

Vervolg situatie 2:

C. Totale lichtsom op plantniveau:

DLI $_{totaal}$
= 4,0 mol/m².dag + 1,2 mol/m².dag
= 5,2 mol/m².dag

2. Bereken hoeveel extra licht (%) werd toegediend door de lampen:

% PAR-licht $_{assimilatiebelichting\ op\ plantniveau}$
= (1,2 mol/m².dag : 4 mol/m².dag) x 100 = 30%

4 uur bijbelichting met hogedruknatriumlampen levert in dit geval **30% extra PAR-licht** op voor de plant.

Besluit: Op zonnige dagen is het aandeel van de assimilatiebelichting heel gering, bijbelichten is hier dus weinig zinvol. Door de belichting te sturen op basis van stralingssommen of DLI's kan er efficiënter en energiezuiniger worden belicht.

REKENVOORBEELD 2

Hoeveel µmol/m².s PAR-licht wordt toegediend met hogedruknatriumlampen (600 W) als 7.000 lux wordt gemeten met een Lux-meter?

Hogedruknatrium $_{lux > µmol/m².s}$
= 7.000 lux x 0,012 (omrekeningsfactor hogedruknatrium)
= 84 µmol/m².s

Opgelet: Deze omrekeningsfactor geldt enkel voor hogedruknatriumlampen van 600 W. Bij andere lampen dienen we andere omrekeningsfactoren te gebruiken.

REKENVOORBEELD 3

Hoeveel µmol/m².s PAR-licht krijgen de planten als we 7.000 lux meten met een Lux-meter in de serre overdag?

Zonlicht $_{lux > µmol/m².s}$
= 7.000 lux x 0,019 (omrekeningsfactor zonlicht)
= 133 µmol/m².s

REKENVOORBEELD 4

Als we spreken van 80 µmol/m².s bijbelichting met hogedruknatriumlampen (600 W), om hoeveel lux gaat dit?

Hogedruknatrium $_{µmol/m².s > lux}$
= 80 µmol/m².s x 82 (omrekeningsfactor hogedruknatrium)
= 6.560 lux

PAR-METINGEN BLIJVEN DE MEEST BETROUWBARE METINGEN VOOR GROEILICHT

Nog al te vaak spreekt men in termen van 'lux' als men het heeft over assimilatiebelichting. Toch geven PAR-metingen ons de enige betrouwbare waarde als we willen weten hoeveel groeilicht er voor de plant beschikbaar komt. Voor een aantal lampen zijn omrekeningsfactoren beschikbaar die ons de mogelijkheid bieden om de lichtintensiteiten om te rekenen naar µmol PAR, nuttig voor het gewas.

BIJ LED-BELICHTING IS ENKEL METEN MET EEN PAR-SENSOR MOGELIJK

Maar zeker met de opkomst van de LED-belichting wordt omrekenen met lichtgrootheden nagenoeg onmogelijk. Verschillende lamptypes geven ons immers een totaal ander lichtspectrum. Het is dus onmogelijk om hier standaard omrekeningswaarden mee te geven. Aangewezen is toch om de metingen onmiddellijk uit te voeren met een PAR-sensor.

Uitgelicht: voer de lichtmeting foutloos uit

1. Om licht te meten voor tuinbouwtoepassingen gebruik je GEEN Lux-meter. Best geschikt is een PAR-sensor, deze meet de fotosynthetisch actieve straling in µmol/m².s.
2. Met een solarimeter meet je de globale straling (W/m²).
3. Rekenen met lichteenheden is spectrum- en dus lichtbronafhankelijk! In functie van de lichtbron gelden andere omrekeningsfactoren.

3

Gebruik belichting voor verschillende doelen

Om je teelt energiezuinig te belichten, gebruik je eerst en vooral zo optimaal mogelijk het gratis zonlicht, als licht- én energiebron. Maar dikwijls is belichten met kunstlicht een noodzaak om de plantkwaliteit en productie te kunnen garanderen. Daarbij is het de kunst altijd de juiste lamp voor het juiste doel te gebruiken.

3.1. Welke lamptypes zijn beschikbaar om je teelt te belichten?

Bij gebruik van kunstlicht kiest men steeds zorgvuldig de lampen die de gewenste lichtintensiteit en het lichtspectrum voor het gewenste doel opleveren. Hieronder worden de meest gangbare lamptypes weergegeven.

HOGEDRUKNATRIUM- OF HPS-LAMPEN

Sinds de jaren '80 zijn hogedruknatriumlampen ingeburgerd in de tuinbouw om ook in lichtarme perioden kwalitatieve planten op de markt te kunnen brengen. Deze HPS-lampen (High Pressure Sodium), ook wel SON-T lampen genoemd, zijn gasontladingslampen die met natriumgas in een aangeslagen toestand een geel/oranje-achtig licht uitstralen. Dit geeft een vrij ruim lichtspectrum tussen 400 en 700 nm dat nuttig is voor groei van het gewas, maar ook zorgt voor heel wat extra warmte.

De in de handel beschikbare types van deze natriumlampen verschillen onderling qua vermogen (400, 600 en 1.000 W). Er bestaan lampen met een geïntegreerde reflector, maar meestal zit de reflector, die zorgt voor de goede richting en verdeling van het licht, aan de armatuur bevestigd.

Een installatie vergt een flinke investering en kent een aanzienlijk stroomverbruik. Door een hogere productie, verbetering van de kwaliteit en/of een betere timing van het product, gericht op hogere afzetprijzen, moet de vereiste investering zich terugverdienen.

Vooraleer over te gaan tot aankoop, neem je best contact op met de leverancier. Hij kan een lichtplan opmaken in functie van de vereisten voor je gewas. Want de optimale belichting is voor elk gewas anders. Zo is bijvoorbeeld de uniformiteit van de belichting bij een éénmalig te oogsten gewas als snijchrysant van groot belang. Bij de teelt van snijrozen zal de teler eerder opteren voor het gebruik van reflectoren zodat er ook meer licht kan doordringen tot de jonge scheuten onderin het gewas.

FLUORESCENTIE- OF TL-LAMPEN

Doorgaans worden fluorescentielampen, in de volksmond ook gekend als TL-lampen, gebruikt in klimaatcellen of meerlagensystemen, zoals bij *in vitro* productie. Ook de inmiddels ingeburgerde spaarlampen zijn fluorescentielampen.

Onderhoud
Zorg ervoor dat de lichtopbrengst op peil blijft en controleer jaarlijks aan het begin van het seizoen alle lampen. Reinig ook regelmatig de reflectoren, meer dan 60% van al het licht dat het gewas bereikt is gereflecteerd licht. De vervuiling en achteruitgang van een reflector hebben dus een grote invloed op het rendement van je installatie.

Tip
Laat vooraf een lichtplan opmaken door je installateur en adviseer je goed omtrent de mogelijkheden. Het is van belang dat armaturen, reflectoren, verdeling en afstand tussen lamp en gewas goed op elkaar worden afgestemd.

Info
Bij veel lamptypes zoals hogedruknatriumlampen wordt slechts een klein deel van het elektrisch verbruik omgezet in PAR-licht. Een groot deel resulteert in warmtestraling.

DE KLEURTEMPERATUUR BEÏNVLOEDT HET LICHTSPECTRUM	
KELVIN (K)	OMSCHRIJVING
2.000	zonsopkomst en -ondergang hogedruknatriumlamp
2.800	gloeilamp
3.500	een uur na zonsopkomst
4.000	TL-lamp cool white (840)
5.000	daglicht
5.600	standaard daglicht
6.000	middagzon
6.500	helder blauwe hemel
7.000 - 10.000	zware bewolking, schaduw noordzijde

Spaarlampen, halogeenlampen en LED-lampen hebben een kleurtemperatuur tussen 2.700 K (warme gloed) en 4.000 K (koude witte gloed)

Wetgeving
Productie en verkoop van energieverslindende lampen voor huishoudelijk gebruik, waaronder de gloeilamp, worden reeds sinds 1 september 2009 teruggeschroefd. Vanaf 1 september 2016 zijn enkel nog lampen met energielabel A en B toegestaan.

Een fluorescentielamp is een lamp die licht geeft door het oplichten van een fluorescerende laag onder invloed van ultravioletstralen, opgewekt door gasontlading in de lamp. Het lichtspectrum of de lichtkleur die de lamp uitstraalt, wordt bepaald door de samenstelling van het fluorescerend poeder dat zich aan de binnenkant van de buis bevindt. Zo kan wit licht met verschillende kleurnuances worden verkregen. De lampen worden daarom ingedeeld volgens kleurtemperatuur. Voor toepassingen in meerlagensystemen wordt veelal een kleurtemperatuur van 4.000 K (type cool white) gebruikt. In vergelijking met een gloeilamp bevatten deze lampen minder rood licht, wat leidt tot een meer gedrongen gewasgroei.

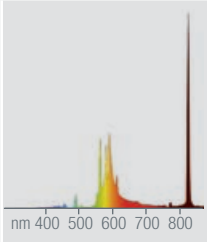
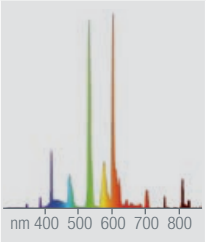
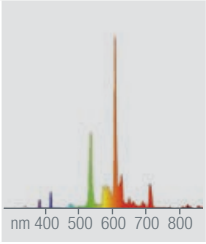
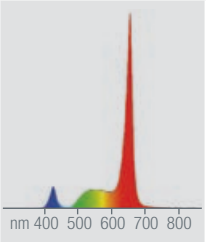
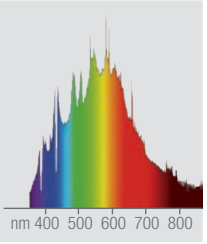
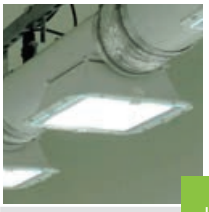
SPAARLAMPEN EN HALOGEENLAMPEN

Wanneer geen groei wordt beoogd, maar we de plantontwikkeling willen sturen, bv. de bloeiperiode, kan dit met vrij lage lichtintensiteiten. Gloeilampen waren hiervoor het ideale hulpmiddel. Door de lage R/FR-verhouding waren deze lampen heel geschikt om o.a. bloei en strekking in een aantal gewassen te beïnvloeden. Maar deze lampen waren echter meer een warmtebron dan een lichtbron: slechts 10% van de energie werd omgezet in licht. Sinds 2009 worden wettelijke beperkingen opgelegd op de productie en het op de markt brengen van deze energieverslindende lampen.

Alternatieven voor de gloeilamp worden gezocht in de compacte fluorescentielampen en halogeenlampen. Spaarlampen kennen voor stuurlichttoepassingen beperkingen. Gezien de opwarmtijd zijn ze minder geschikt voor het cyclisch belichten. Door de afwezigheid van verrood licht zijn ze ook minder geschikt voor de snijbloementeelt, waar extra strekking een positieve invloed kan hebben op de gewaslengte.

LED-LAMPEN (LIGHT EMITTING DIODES)

De laatste jaren worden ook LED's op de markt gebracht voor tuinbouwtoepassingen, zowel voor assimilatiebelichting als voor stuurlicht. LED's zijn beschikbaar in diverse uitvoeringen. Zo zijn er LED's op de markt met E27-fitting als vervanger voor de gloeilamp of spaarlamp, lange smalle armaturen als vervanger voor de TL- of fluorescentielamp bij toepassingen in meerlagensystemen, maar ook LED's die hogere lichtintensiteiten realiseren en als topbelichting in de serre worden opgehangen als alternatief voor de hogedruknatriumlampen. LED's produceren licht volgens een ander natuurlijk principe dan de gangbare lichtbronnen. Hierbij wordt gebruik gemaakt van een halfgeleiderchip, waarin zich

OVERZICHT VAN BESCHIKBARE LAMPTYPES VOOR DE TUINBOUW					
LAMP	HOGEDRUK-NATRIUMLAMP	FLUORESCENTIE-LAMP	SPAARLAMP	LED-LAMP	PLASMALAMP
Voorbeeld licht-spectrum					
Beeld					
Toepassing in sierteelt	Supplementair groeilicht	Groeilicht in meerlagensystemen	Stuurlicht bij nachtonderbreking	Diverse mogelijkheden in functie van intensiteit en spectrum, zowel groei- als stuurlicht	Simulatie van zonlicht in daglichtloze omstandigheden

twee gebieden bevinden: een ‘p-gebied’ met een overschot aan positieve ladingsdragers en een ‘n-gebied’ met een overschot aan negatieve ladingsdragers. Als er een stroom door de ‘p-n-overgang’ loopt, wordt er licht uitgezonden.

Het LED-licht bestaat nagenoeg uit één kleur en is monochromatisch. De golflengte, en dus ook de kleur van het licht, hangt af van het geleidermateriaal dat wordt gebruikt. Tegenwoordig zijn er LED’s verkrijgbaar in kleuren verdeeld over het hele spectrum. Daar de productie van 1 µmol met rode LED’s minder energie vereist dan de productie van 1 µmol met blauwe LED’s, is het uit energetisch oogpunt het meest aantrekkelijk om met rood licht te belichten. Om overmatige strekkingsgroei te voorkomen, kan het nodig zijn additioneel blauw licht bij te geven. Wel is dit afhankelijk van het gewas, de duur van de belichting en de hoeveelheid blauw licht die al via het zonlicht ontvangen wordt.

> “Met de komst van de LED’s is het nog belangrijker om het licht met een PAR-sensor te meten.”

Ook zijn er witte LED’s ontwikkeld. Deze bestaan meestal uit een LED-chip die blauw of UV-licht genereert en is afgedekt door een fluorescerend fosforpoeder dat het blauw of

Advies
Het sturen van de morfogenese kan met LED-licht. Het effect van LED’s op planten is echter zeer sterk afhankelijk van de plantensoort, onderzoek op andere planten kan niet standaard worden overgenomen. Proeven per plantensoort, soms zelfs per cultivar, zijn dus noodzakelijk.

Veiligheid
Het gebruik van puur kortgolvig blauw licht staat ter discussie en wordt geassocieerd met een verhoogde kans op oogschade en negatief effect op alertheid en stemming. Dit gevaar staat in de medische literatuur ook bekend als 'blue light hazard'. Normaal knijpen de pupillen samen als je in fel licht kijkt. Bij het gebruik van uitsluitend blauw licht gebeurt dit niet, omdat het oog dit type licht niet direct herkent.

VOLSPECTRUMLAMPEN

Steeds meer komen ook volspectrumlampen onder de aandacht. Dit zijn lampen die het lichtspectrum van de zon benaderen, zoals de plasmalampen, maar het kunnen eveneens fluorescentielampen of LED's zijn.

ultraviolet licht absorbeert. De geabsorbeerde energie wordt door het poeder weer vrijgegeven onder uitzending van meer of minder wit licht, net zoals bij TL-lampen. Wit licht of willekeurige mengkleuren kunnen ook worden gemaakt door licht van rode, groene en blauwe LED's in de juiste verhouding te mengen. Wanneer er onder de LED's teelthandelingen of andere werkzaamheden dienen te gebeuren, is het wenselijk een type te kiezen dat ook wit licht bevat. Dit type zal iets minder efficiënt zijn, maar met enkel blauw en/of rood licht is de plantkleur niet in te schatten. Ook is wit licht veel aangenamer voor de ogen.

PLASMALAMPEN

De productie en ontwikkeling van de plasma- of zwavellamp heeft een lange tijd stil gelegen, maar momenteel zijn een aantal bedrijven bezig met de verdere ontwikkeling van deze lamp. Plasmalampen produceren een aan het zonlicht identiek spectrum, inclusief UV-A en UV-B licht, en worden daarom ook wel kunstzonlicht genoemd. Plasmalicht ontstaat door het opwarmen van hoofdzakelijk zwavel met een soort magnetron. Hierdoor ontstaat een vloeibaar plasma, vergelijkbaar met het oppervlak van de zon. Doordat er geen verbrandingsproces is, zou de lamp een extreem lange levensduur hebben van wel 50.000 branduren, en de lichtsterkte zou er niet op achteruit gaan. Deze lampen zijn echter vrij duur en worden voornamelijk gebruikt om zonlicht te genereren in daglichtloze ruimten en worden momenteel grotendeels toegepast voor onderzoeksdoeleinden.

3.2. Toepassingen met assimilatiebelichting

In de wintermaanden zijn de dagen een heel stuk korter en de lichtintensiteiten lager, waardoor zowel de groeisnelheid als de kwaliteit van onze planten sterk kunnen teruglopen. Door gebruik te maken van kunstlicht is het mogelijk om in deze lichtarme periode toch kwalitatief hoogstaande sierteeltgewassen te produceren.

FOTOSYNTHESE STIMULEREN

Veelal worden hogedruknatriumlampen gebruikt om fotosynthese te bevorderen en zo de plantkwaliteit tijdens de winter te garanderen. Dit type lamp heeft een breed spectrum en een hoge warmteproductie. Een alternatief kan de LED-lamp met hoge lichtintensiteit zijn. Bij LED's wordt voornamelijk rood en blauw licht gegeven waardoor deze lampen efficienter zijn voor de fotosynthese van de plant. Door de beperkte warmteproductie van de LED's, dient er soms extra gestookt te worden om de serretemperatuur op peil te houden, wat nadelig kan zijn in energieverbruik.

LED als tussenbelichting in combinatie met hogedruknatriumlampen als topbelichting.

GETEST: HYBRIDE BELICHTING IN SNIJROZENTEELT

Rozenproductie wordt sterk beïnvloed door temperatuur, lichtniveau en daglengte. De snijroos staat bekend als een zeer lichtbehoeftig gewas dat pas bij zeer hoge lichtniveaus - volgens Nederlands onderzoek (De Hoog, 1998) rond de 500 µmol/m².s - zijn fotosyntheseverzadigingspunt bereikt. Gebruik van assimilatiebelichting is dan ook noodzakelijk om jaarrond kwalitatieve bloemen te produceren. Toen in de jaren '80 de rozenteelt evolueerde van een teelt in vollegrond naar een substraatteelt onder belichting, werden oorspronkelijk belichtingsniveaus van 30 µmol/m².s gehanteerd. Maar deze lichtniveaus werden al gauw opgetrokken tot meer dan 100 µmol/m².s. De nodige elektriciteit wordt ook steeds meer zelf opgewekt via WKK-installaties en de hierbij geproduceerde warmte wordt opgeslagen in buffertanks. Met de stijging van de energiekosten en de toenemende concurrentie van importbloemen wordt het rendement van de belichting al eens in vraag gesteld.

> "Gebruik van assimilatielicht in rozenteelt kan de productie in de winterperiode sterk doen toenemen."

Het op de markt komen van de LED's voor tuinbouwtoepassingen was de aanleiding voor een reeks belichtingsproeven. De eer-

Tip
Door het ontbreken van stralingswarmte kunnen LED's heel dicht bij het gewas worden gehangen of zelfs tussen het gewas. Maar bij warmteminnende gewassen kan het noodzakelijk zijn om dit verlies aan warmte via de verwarming te compenseren.

Tip
Naast een verhoogde productie en betere kwaliteit, kan het gebruik van assimilatiebelichting ook leiden tot een afvlakking van de arbeidspieken, wat vooral op grotere bedrijven een voordeel biedt.

PRODUCTIECIJFERS *ROSA HYBRIDA* 'AVALANCHE'	HPS	HPS + LED
Aantal stengels/m	*191*	*194*
Gemiddelde lengte (cm)	*68*	*67*
Gemiddeld gewicht (g)	*30*	*32*
Gemiddelde biomassa (kg)	*5,7*	*6,2*

Productiecijfers van 01/09/10 tot 31/03/11.

ste proeven met LED's werden op het PCS in 2008 opgestart in de teelt van *Rosa hybrida* 'Avalanche', toen nog met watergekoelde LED-systemen met rode en blauwe LED's. De afwezigheid van stralingswarmte bleek het energetisch rendement van deze toepassing niet ten goede te komen. Daardoor werd overgeschakeld op hybride belichting: een combinatie van hogedruknatriumlampen (400 W/lamp) als topbelichting en LED's (45 W/lamp) als tussenbelichting. Dit werd vergeleken met de traditionele hogedruknatriumlampen (600 W/lamp). Door het ontbreken van de stralingswarmte is het mogelijk om de LED-modules met lagere lichtintensiteit dicht bij het gewas te hangen.

De productie was nagenoeg identiek voor de combinatie hogedruknatriumlamp + LED als voor de hogedruknatriumlamp alleen en ook de kwaliteit van de bloemen was vergelijkbaar. Het totale energieverbruik voor de belichting bedroeg echter 2% meer voor de hybride belichting in vergelijking met de afdeling met hogedruknatriumlampen. Een energiebesparing was hier dus nog niet uit te halen. Inmiddels evolueert de ontwikkeling van de LED's steeds verder, worden deze lampen efficiënter en zal vermoedelijk ook de kostprijs nog afnemen.

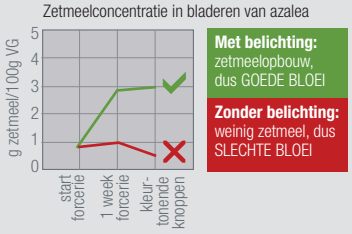
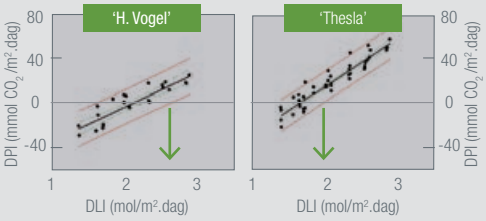
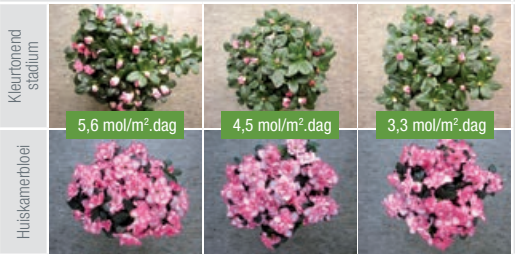
GETEST: MINDER BELICHTEN IN FORCERIE VAN AZALEA

Tijdens de forcerie worden azalea's met groene knoppen in bloei getrokken. Dit is nodig om mooi bloeiende azalea's te kunnen verkopen. In de wintermaanden is belichting bij de forcerie van deze plant een noodzaak. Planten die niet worden belicht, kunnen onvoldoende aan fotosynthese doen, waardoor er geen zetmeelreserves aangemaakt worden tijdens de forcerie. Onbelichte planten zullen dan ook niet mooi bloeien bij de consument.

Klassiek wordt azalea belicht met hogedruknatriumlampen gedurende 16 tot zelfs 24 uur. Aangezien de energiekost voor belichting de laatste jaren sterk gestegen is, werd nagegaan of de belichtingsduur niet verkort kan worden. Hiervoor werd gekeken hoeveel licht de azalea nodig heeft om aan fotosynthese te doen en zetmeel op te bouwen. Uit de fotosynthesemetingen bleek dat dit cultivarafhankelijk is. De vroege cultivar 'H. Vogel' (uit 7°C koeling) heeft meer licht nodig dan de late cultivar 'Thesla'. Uit ervaring blijkt bovendien dat rijpe planten, planten die voldoende koude kregen om de bloemknopdormantie te doorbreken, veel minder licht nodig hebben dan onrijpe planten die echt 'geforceerd' moeten worden en dus meer licht nodig hebben om dezelfde bloeikwaliteit te garanderen.

Extra belichting kan een betere kwaliteit opleveren, maar ook hier zit een limiet op. Bij verschillende DLI's is gebleken dat de bloeikwaliteit niet meer stijgt, ondanks de extra belichting. Enkel de bloeivroegheid kan tussen de minimum lichtbehoefte en 16 uur belichting enkele dagen verschillen. Bij een verschil tussen 3,3 mol/m².dag en 5,6 mol/m².dag kan dit gemiddeld 2 tot 3 dagen zijn. Dit is echter niet voor alle partijen het geval. Hoe minder rijp de plant, hoe groter de kans dat er een verschil in bloeivroegheid kan opgemerkt worden.

GETEST: MINDER BELICHTEN IN FORCERIE VAN AZALEA

Is belichting noodzakelijk voor bloei?		Ja, in de winter-maanden is belichting bij de forcerie van deze plant een noodzaak.
Wat gebeurt er als azalea's minder belicht worden?		Bij de juiste cultivar en voldoende rijpheid kan minder belicht worden, wat een energie-besparing oplevert.
Levert extra belichting altijd meer bloei?		Niet altijd, extra belichting kan een betere kwaliteit leveren, maar ook hier zit een limiet op. Belicht dus niet meer dan nodig en spaar energie.

Boven: Forcerie van azalea 'H. Vogel Nordlicht' (uit 7°C frigo): belichting zorgt tijdens de eerste week voor opbouw van zetmeel in de bladeren wat nodig is om de verdere bloei te garanderen. **Midden:** Meting van de dagelijkse fotosynthesesom (DPI) bij verschillende dagelijkse lichtsommen (DLI) toont een duidelijk verschil in lichtbehoefte tussen 'H. Vogel' en 'Thesla'. 'H. Vogel' (uit 7°C frigo, vroege teelt) bleek een minimum van 2,7 mol/m².dag nodig te hebben om voldoende aan fotosynthese te doen overdag (groene pijl), terwijl dit voor 'Thesla' maar 2 mol/m².dag was. Maar ook planten onderling verschillen, de rode lijnen geven aan hoe 95% van de planten reageert. De minima zijn hier dan ook berekend zodat die gelden voor 95% van de onderzochte planten (Christiaens *et al.*, 2014). **Onder:** Forcerie van azalea ('H. Vogel Huelsten' uit 7°C frigo) onder verschillende DLI's, dus verschillend aantal uren belicht. De hoogste lichtsom is een tweetal dagen eerder in kleurtonend stadium, maar de uiteindelijke bloeikwaliteit in de huiskamer verschilt niet voor de drie lichtsommen.

Er hoeft dus niet steeds 16 uur bijbelicht te worden tijdens de forcerie. De belichting kan gestuurd worden naar een bepaalde DLI. Overdag kan de lichtsom worden gemeten en 's nachts kan men het eventuele tekort compenseren met assimilatiebelichting.

In januari 2015 werd in een proef op het PCS op die manier gemiddeld 6,6 uur per dag belicht met hogedruknatriumlampen aan een intensiteit van 75 µmol/m².s om een DLI van 3,3 mol/m².dag te behalen.

3.3. Toepassingen met stuurlicht

"Gloeilampen worden vervangen door spaarlampen of LED's."

Fotoperiodische belichting wordt in de tuinbouw gebruikt om de daglengte kunstmatig te verlengen. Als gevolg hiervan wordt ofwel de bloei gestimuleerd ofwel de plant bewust vegetatief gehouden. Voor deze toepassing zijn slechts lage lichtintensiteiten nodig. Tot voor kort waren gloeilampen de standaard voor fotoperiodische belichting. Maar noodgedwongen vervangen siertelers deze nu door duurzamere lampen, zoals spaarlampen of LED-lampen met lage lichtintensiteiten.

BLOEI STIMULEREN

Bij langedagplanten kan het belichten met fotoperiodisch stuurlicht leiden tot teeltduurverkorting en een betere programmeerbaarheid van de teelt. De vroeger gebruikte gloeilamp, met zijn relatief hoge productie van rood en verrood licht, was een ideaal en goedkoop instrument om bloei en ook strekking in deze gewassen te beïnvloeden.

Inmiddels dringt het gebruik van energiezuinigere lampen zoals spaarlampen en LED's zich op. In het spectrum van de spaarlampen ontbreekt dit rood en verrood licht, dit blijkt voor een aantal gewassen toch een minpunt. Ook de opwarmtijd is een nadeel, de meeste spaarlampen bereiken pas enkele minuten na het opstarten de gewenste lichtintensiteit. Dit maakt de lampen minder geschikt voor kort cyclisch belichten. Door over langere, soms continue periode te belichten, kan dit verholpen worden. Het voordeel van de LED-lampen is dat je de mogelijkheid hebt om te 'spelen' met kleurenspectra en kleurverhoudingen en dus de R/FR-verhouding in functie van de beoogde toepassing.

GETEST: BLOEI VAN RANONKEL MET SPAARLAMPEN EN LED'S

Om ranonkels tijdig in bloei op de markt te brengen, gebruiken siertelers al eens fotoperiodisch stuurlicht. Indien gewenst kan dit met LED's. Een vergelijkende proef van het PCS waarbij het gebruik van spaarlampen en LED's met enkel rood en blauw licht vergeleken werd met onbelichte planten bewijst dit. Het verschil in lichtspectra tussen de gebruikte lampen gaf geen opmerkelijke verschillen in bloeitijdstip of gewasopbouw. Wel werd vervroeging van de bloei duidelijk bekomen wanneer dagverlenging werd toegepast met continue belichting van middernacht tot zonsopgang. Zowel LED's als spaarlampen bieden in deze situatie dus een goed alternatief voor de gloeilamp.

Ranonkel onbelicht versus belicht met spaarlampen.

VEGETATIEF HOUDEN VAN HET GEWAS

Bij kortedagplanten zoals chrysant, *Kalanchoe* … wordt tijdens de winterperiode dagverlenging toegepast om ze vegetatief te houden. Onder natuurlijke daglengte zouden deze planten in de winterperiode onmiddellijk beginnen bloeien. Dit is niet altijd wenselijk.

GETEST: STEKPRODUCTIE VAN CHRYSANT MET SPAARLAMPEN EN LED's

In de chrysantenteelt werd gebruik gemaakt van gloeilampen om te vermijden dat de moederplanten bloemen gaan vormen in het najaar. Bij overschakelen naar spaarlampen bleken daarmee in de praktijk toch wat problemen met knopvorming op te treden. Als mogelijk alternatief werden daarom LED's getest naast gloeilampen en spaarlampen. Gloeilampen (150 W/lamp) werden als controle in de proef meegenomen en aangeschakeld in een cyclisch regime (10 min aan/20 min uit), voor de spaarlamp (30 W/lamp) en LED's (18 W/lamp) werd eveneens cyclisch belicht aan een regime 15 min aan/15 min uit. Uit dit onderzoek bleek dat met de spaarlamp toch nog meer knopvorming voorkwam. Door afwezigheid van verrood licht was er bovendien minder stengelstrekking, wat eerder ongewenst is bij stekproductie. Wanneer LED's werden gebruikt met enkel rood en blauw licht, dus zonder verrood, was er opvallend meer knop aanwezig. Wanneer wel verrood licht aanwezig was, was het resultaat echter wel vergelijkbaar met dit van de gloeilampen. Het effect van verrood bleek dus hier niet wat theoretisch werd verwacht (zie pagina 14). Deze proef levert ons dus verrassende resultaten op. Dit geeft aan dat kleine proeven zeker noodzakelijk zijn om de theorie te testen vooraleer telers investeringen doen.

> "Voor fotoperiodische belichting volstaan lampen met lage lichtintensiteiten en dus lage vermogens."

Advies

Mogelijk zijn er nog heel wat gewassen en toepassingen waarbij de belichtingsstrategieën verder kunnen geoptimaliseerd worden. Effecten zijn vaak teeltafhankelijk en kunnen niet zomaar overgenomen worden voor een ander gewas. Proeven per plantensoort, soms zelfs per cultivar, zijn dan ook noodzakelijk.

3.4. Toepassingen zonder daglicht

Links boven: Teeltlaag onder teelttafels belicht met LED's. **Rechts boven:** Klimaatcel met TL-lampen.
Links onder: Weefselteeltkamer met TL-lampen. **Rechts onder:** Forcerie van tulpen onder LED-belichting.

TOEGEPAST BIJ *IN VITRO* EN *IN VIVO*

Bij *in vitro* planten in klimaatcellen en *in vivo* planten in meerlagen, wordt geteeld zonder daglicht. De teler heeft hierbij de keuze tussen TL- en LED-lampen. Met LED kan het optimale lichtrecept worden samengesteld, wat handig is om de plantkwaliteit te sturen.

In vitro planten worden al jaren geteeld in een ruimte zonder daglicht met TL-lampen. Voor *in vivo* planten is het concept van een ruimte zonder daglicht nog volop in ontwikkeling. Maar met de opkomst van LED-belichting wordt onderzoek gedaan om dit mogelijk te maken. Bij afwezigheid van daglicht kunnen de effecten van LED's echter sterk verschillen met deze in aanwezigheid van daglicht, omdat de verhoudingen van de lichtkleuren niet worden beïnvloed door natuurlijk licht. Zo zal extra blauw licht bij daglicht zorgen voor compactere planten, terwijl een daglichtloos systeem met enkel blauw licht in meer gestrekte planten zal resulteren. Voor toepassingen in een daglichtloze cel bieden LED's meer mogelijkheden dan TL-lampen om de plantontwikkeling te sturen.

SOORTEN SYSTEMEN

In een dichtbebouwd en tegelijk sterk versnipperd Vlaanderen is uitbreiding in de glastuinbouw niet altijd evident. Een efficiënter ruimtegebruik, zoals bij meerlagenteelt, kan dan een oplossing bieden. Door meer planten op eenzelfde kasoppervlak te telen, kan enerzijds de productiecapaciteit worden opgetrokken, anderzijds resulteert meerlagen-

teelt in een daling van één van de grootste vaste kosten per geproduceerde eenheid, namelijk verwarming.

Wanneer we aan toepassingen zonder daglicht denken, denken we onmiddellijk aan de gesloten meerlagensystemen. Maar er kan ook een tweede teeltlaag in de serre gebouwd worden onder de bestaande teelttafels, waarbij ook geen of minimaal daglicht aanwezig is. Naast *in vitro* toepassingen zijn in de praktijk intussen al verschillende bedrijven overgeschakeld op een meerlagig teeltsysteem. Tulpenbroei en sla zijn hierbij de meest gekende voorbeelden. Grootschalige ervaringen in de sierteeltsector zijn beperkt. De installaties gaan daarbij van basis tot ver doorgedreven automatisatie. Het is dan ook zeer typerend voor meerlagenteelt dat de toepassing zeer bedrijfsspecifiek is. Een algemene berekening van de haalbaarheid is dan ook enkel per bedrijf te becijferen.

Een gesloten meerlagensysteem is een klimaatcel waar licht, temperatuur, vochtigheid en CO_2-concentraties gestuurd worden naar de optimale behoefte van de plant. Deze behoeftes zijn steeds plantafhankelijk. Het grote voordeel van een klimaatcel is dat er geen externe invloeden spelen. Er zijn geen schommelingen in temperatuur, vochtigheid of andere oncontroleerbare factoren. Op deze manier is een continue jaarrond productie mogelijk, waarbij de plantkwaliteit consistent is.

Meerlagenteelt zorgt er weliswaar ook voor dat het water- en meststoffenverbruik per m² kasoppervlak stijgt. Een waterrecirculatie- en zuiveringssysteem is dus onvermijdelijk. De mogelijkheden voor meerlagenteelt liggen vooral bij de teelt van gewassen met weinig teelthandelingen. We denken dan vooral aan bepaalde fases in het teeltproces, zoals bloei, beworteling, afharding, kieming … die gestuurd kunnen worden in een gesloten systeem.

GETEST: ROODVERKLEURING *CRYPTHANTHUS* MET LED's

Door de afwezigheid van UV in het zonlicht tijdens de winterperiode blijkt het niet zo

Advies
Wens je meer info omtrent de mogelijkheden van meerlagenteelt, contacteer dan zeker het PCS.

Om roodverkleurde *Crypthanthus* op Kerstmis en Valentijn te kunnen leveren bij de klant, kunnen telers deze planten met rode en blauwe LED's belichten.

gemakkelijk om *Crypthanthus* zijn typische roodverkleuring te geven, maar net in de periode rond Kerstmis en Valentijn is deze kleur cruciaal. Om dit probleem op te lossen, testte het PCS verschillende LED-combinaties op het gewas. Na enkele weken bleken de plantjes onder een combinatie van rode en blauwe LED's toch rood gekleurd, terwijl dit bij de andere lichtrecepten (zonder blauw) niet het geval was. Met LED's in klimaatcellen kunnen we dus *Crypthanthus* rood kleuren en een goede levering ervan rond Kerstmis en Valentijn bij de klant garanderen.

GETEST: BEWORTELING VAN CHRYSANTEN- EN LAVENDELSTEKKEN IN EEN KLIMAATCEL MET LED'S

In klimaatcellen met verschillende lichtrecepten werden de eerste ervaringen met beworteling van chrysantenstekken opgedaan. De korte bewortelingsperiode is een fase uit het teeltproces die zich bij uitstek leent om in een meerlagensysteem uit te voeren. Uit deze proeven bleek dat beworteling van stekken onder LED's bij afwezigheid van daglicht zeker mogelijk is en door een betere beheersing van het klimaat zelfs sneller verloopt dan in de serre. Een hogere lichtintensiteit (86 versus 43 µmol/m².s) en aanwezigheid van blauw licht (hier 12%) gaf de beste beworteling. Ook de plantopbouw was bij deze lichtrecepten het meest naar wens. Wanneer uitsluitend rood licht werd toegediend, bleek de beworteling iets minder goed en vertoonde het gewas opvallend meer strekking.

Uit verdere proeven met chrysant en lavendel, waarbij gekeken werd naar het effect van verrood licht, bleek dat met extra verrood een betere beworteling kan plaatsvinden, maar dat de stekken heel sterk strekken. Deze strekking kan echter worden verminderd door een fractie blauw licht toe te dienen. Toch dient nog meer onderzoek te gebeuren naar o.a. de invloed van de belichting op vertakking en knopvorming en de noodzaak aan afharding van het gewas.

STREKKING EN BEWORTELING BIJ LAVENDEL ONDER LED's

ROOD	VERROOD	STREKKING	BEWORTELING
60 µmol/m².s	0 µmol/m².s	+	-
60 µmol/m².s	30 µmol/m².s	-	+
60 µmol/m².s	60 µmol/m².s	-	++

Beworteling van lavendel met extra verrood licht zorgt naast een betere beworteling ook voor te sterk gestrekte en fijne plantjes. Extra blauw licht kan hiervoor een oplossing bieden.

STREKKING EN BLADKLEUR BIJ *PELARGONIUM* ONDER LED's					
	RECEPT 1	RECEPT 2	RECEPT 3	RECEPT 4	RECEPT 5
Rood	85 µmol/m².s	33 µmol/m².s	50 µmol/m².s	33 µmol/m².s	33 µmol/m².s
Blauw	15 µmol/m².s	67 µmol/m².s	50 µmol/m².s	67 µmol/m².s	0 µmol/m².s
Verrood	0 µmol/m².s	0 µmol/m².s	0 µmol/m².s	67 µmol/m².s	67 µmol/m².s
Compactheid	++	++	+	-	--
Bladkleur	++	++	+	-	-

GETEST: TEELT VAN PERKPLANTEN IN LED-BATTERIJ ZONDER DAGLICHT

Om de invloed van blauw, rood en verrood licht op de gewasontwikkeling na te gaan, werden *Pelargoniums* geteeld onder 5 LED-combinaties van rood, blauw en verrood bij afwezigheid van daglicht. Mooi compacte, bloeiende planten met donkergroen blad werden gerealiseerd onder recept 1 (85% rood en 15% blauw) en recept 2 (33% rood en 67% blauw). Louter uit energetisch oogpunt is het alvast interessanter om voor recept 1 te kiezen dan voor recept 2. Zodra verrood licht werd toegevoegd, werd veel meer strekking bekomen. Het blijkt duidelijk dat, bij afwezigheid van daglicht, door beperkte wijzigingen aan te brengen in de lichtverhoudingen, het mogelijk is een morfologisch sterk afwijkende plant te produceren.

GETEST: DAGLICHTLOOS FORCEREN VAN AZALEA MET LED'S

Zoals eerder aangehaald, is er tijdens de forcerie van azalea voldoende licht nodig voor bloei. Maar kan de forcerie ook zonder daglicht doorgaan? Op deze manier zou in meerdere lagen kunnen geforceerd worden. PCS deed de test of LED-lampen in een gesloten teeltsysteem een alternatief zijn voor de klassieke hogedruknatriumlampen in de serre. In de eerste verkennende proeven werd getest of de forcerie onder LED zonder daglicht even goed verloopt als onder hogedruknatriumlampen. Omdat dit zeker het geval was, werd verder gezocht naar het geschikte LED-recept. Tal van LED-recepten met verschillende verhoudingen rood, blauw en verrood licht werden uitgetest.

DAGLICHTLOOS FORCEREN VAN AZALEA'S

Onbelicht	LED	Hogedruk-natriumlamp
✗	✓	✓

Forcerie van azalea: zonder extra belichting bloeien de planten later dan onder LED-licht in een gesloten teeltsysteem en onder hogedruknatriumlampen. Tussen LED-licht en hogedruknatriumlampen zijn geen verschillen in bloeisnelheid te zien.

Telkens bleek dat de verschillen minimaal waren. Bovendien reageerden niet alle partijen altijd gelijk op de lichtrecepten. Zelfs bij verschillende partijen van eenzelfde cultivar waren de resultaten van verschillende LED-recepten anders.

Algemeen kunnen we besluiten dat voor de forcerie van azalea een meerlagensysteem met LED's kan gebruikt worden, en dit kan met enkel rood licht. Rood LED-licht is het meest energie-efficiënt en wordt door de plant het best gebruikt voor fotosynthese.

–

Uitgelicht: gebruik belichting voor verschillende doelen

1. Bij gebruik van kunstlicht kiest men steeds zorgvuldig de lampen die de gewenste lichtintensiteit en het lichtspectrum voor het gewenste doel opleveren.
2. De aanschafkost voor de lampen is één aspect, maar hoeveel energie de installatie verbruikt is zeker zo belangrijk.
3. Toepassingen zonder daglicht worden best voor iedere plant uitgetest.

4

Het economisch plaatje belicht

De haalbaarheid en het succes van belichting in de sierteelt hangen af van een aantal factoren: de lichtverdeling over het gewas, de gebruikte lichtkleuren, eventuele warmtestraling, het elektrisch rendement, de kostprijs … Dit maakt het voor de teler niet altijd eenvoudig om een juiste keuze te maken. Toch kan een duurzame oplossing gevonden worden door een aantal aandachtspunten in acht te nemen.

4.1. Doordacht omgaan met energieverbruik

Of je nu met eigen energieopwekking te maken hebt of met de aankoop van energie op de elektriciteitsmarkt, het blijft noodzakelijk om de belichtingsinstallatie op een zo duurzaam mogelijke manier op te stellen en te onderhouden. Want daar pluk je de volgende jaren de vruchten van.

DE PLANT VERSUS HET ENERGIECONTRACT

Assimilatiebelichting vormt een belangrijk onderdeel in de energiebalans van een sierteeltbedrijf. De belichting levert enerzijds warmte en licht voor fotosynthese, maar kost anderzijds ook energie. Deze is al dan niet rechtstreeks afkomstig van primaire energiebronnen zoals gas of stroom van het net. We hebben er dus alle belang bij om doordacht te kiezen voor het zelf opwekken van energie, een geschikt contract af te sluiten op de energiemarkt of een combinatie van beide. Het soort energiecontract dat afgesloten wordt, is afhankelijk van de periode en duur van belichting en het elektrisch geïnstalleerd vermogen van de installatie. In veel gevallen zal echter de maximale hoeveelheid elektriciteit die je op een bepaald moment afneemt, ook het piekvermogen genoemd, bepalend zijn. Deze gegevens kan je veelal terugvinden op de energiefactuur. Het afvlakken van deze piekvermogens kan door een doordacht belichtingsplan en goed ingeplande belichtingsperiodes een voordeliger energiecontract opleveren.

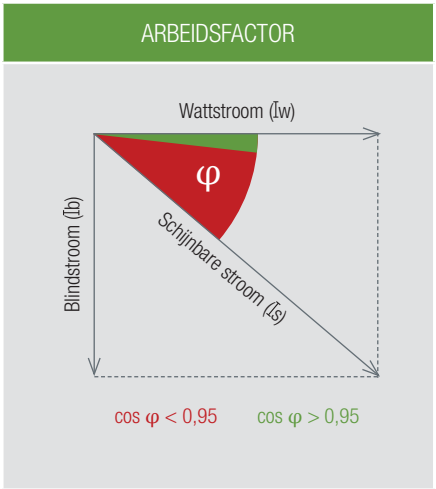
Info
Bij hoogspanningsinstallaties houdt de energieleverancier voor de facturering geen rekening met het maandelijks piekvermogen. Het gemiddeld verbruik per kwartier of maximumkwartuurvermogen is dan bepalend.

Bij het afsluiten van een energiecontract legt de distributienetbeheerder een aantal eisen op voor de verbruiker. Zo moet een niet-particuliere verbruiker zorgen dat de totale afgenomen stroom voortdurend in fase is met de netspanning.

CONTROLE VAN DE ARBEIDSFACTOR

Bij sommige (traditionele) lamptypes zal men de stroom niet stabiliseren door weerstanden, maar wel met een reactief element, zoals een spoel of een condensator. Dit is noodzakelijk om verliezen door het joule-effect, wat opwarmen van de stroomkabels veroorzaakt, tegen te gaan. Doordat stabilisatorspoelen of ballasten uit wikkelingen bestaan, zullen er echter toch warmteverliezen optreden. Deze verliezen zorgen ervoor dat het opgenomen vermogen uit het elektriciteitsnet steeds hoger is dan het nominale vermogen aangeduid op de lamp. Zo kan bijvoorbeeld een HPS-lamp van 600 W een verbruik hebben van 645 W.

Bij het gebruik van wisselstroom zijn er steeds twee soorten energie aan te treffen: het actief of werkelijk vermogen en het reactief of blindvermogen. Bij het gebruik van elektriciteit wordt alleen het werkelijk vermogen omgezet in mechanische energie, zoals bij-



voorbeeld licht. Het blindvermogen wordt gebruikt voor het magnetisme in elektrische apparaten, transformatoren, smoorspoelen ... Het blindvermogen wordt ook getransporteerd door elektriciteitsnetten en zorgt bij lange kabels ook hier voor warmteverliezen.

Bij deze actieve en reactieve vermogens hoort een wattstroom (Iw), die in fase is met de netspanning, en een blindstroom (Ib), ook wel magnetiseringsstroom genoemd. Deze laatste ijlt 90° na op de wattstroom en de netspanning. De wattstroom en de blindstroom zijn vectorieel op te tellen en vormen zo de schijnbare stroom (Is) of de totaalstroom, die een fasehoek Phi (φ) maakt t.o.v. de wattstroom en de netspanning. De schijnbare stroom of de totaalstroom is de stroom die in praktijk door de geleiders van het elektriciteitscircuit loopt vanaf de generator van de opwekking tot aan de verbruiker. Dit is ook dezelfde stroom die dus onder meer de warmteontwikkeling in geleiders veroorzaakt.

Uit de figuur blijkt dat hoe kleiner de blindstroom is, des te kleiner de hoek φ zal worden. In de praktijk heeft men het over de cosinus φ (arbeidsfactor) die tussen de waarden 0 en 1 kan liggen. De ideale situatie is dus wanneer er geen blindstroom voorkomt. De hoek φ is dan gelijk aan 0° en de cosinus van 0° is dan 1.

Bij het afsluiten van een energiecontract legt de distributienetbeheerder een aantal eisen op voor de verbruiker. Zo moet een niet-particuliere verbruiker zorgen dat de totale afgenomen stroom voortdurend in fase is met de netspanning. Dit komt dan neer op een cos φ die niet onder de 0,95 mag komen. Gebruikers met een te lage cos φ kunnen door de distributienetbeheerder beboet worden. Deze verbruikers verplichten de energieleveranciers immers meer vermogen te leveren op het elektriciteitsnet dan strikt noodzakelijk is, wat voor de leverancier meerkosten in infrastructuur met zich meebrengt. Het blindvermogen moet namelijk ook opgewekt worden in de energiecentrales. Meer vermogen op het net resulteert ook in extra warmteontwikkeling tijdens het elektriciteitstransport en dus grotere kabelverliezen. Een eventuele toeslag voor een slechte cos φ en blindstroom kan je vinden op je energiefactuur onder de term 'Toeslag voor reactief verbruik – kVARh'.

> "In veel gevallen zal het piekvermogen bepalend zijn voor de energiekost."

Zo ver hoeft het echter niet te komen. Je kan je reactieve energie, die de cos φ groten-

deels bepaalt, beperken door de installatie van een condensatorbatterij die parallel op je belichtingsinstallatie staat. Daarmee bespaar je nog meer op je elektriciteitsfactuur, aangezien de toeslag voor reactief verbruik erdoor verdwijnt. Daarenboven daalt de stroom in je net aanzienlijk, met meer vermogen in je elektrische installatie tot gevolg. Een condensatorbatterij vraagt uiteraard een investering, maar dan wel één die zichzelf volledig terugbetaalt. Informeer je hiervoor zeker bij je leverancier van de belichtingsinstallatie en laat zeker alle bovenvermelde parameters controleren bij nieuwe of gerenoveerde installaties.

Tip
Het corrigeren van harmonische vervorming is niet zo eenvoudig als het corrigeren van de arbeidsfactor met condensatoren. Preventie bij de bron is daarom zeer belangrijk.

HARMONISCHE VERVORMING VERMIJDEN

Harmonische vervorming van de netspanning is een kwaliteitsindicatie van de netspanning, uitgedrukt in %. Hoe hoger de waarde, hoe slechter. De spanning in België heeft een frequentie van 50 Hertz. Men spreekt dan over harmonische vervorming wanneer er in de spanning ook andere frequenties dan deze basisfrequentie aanwezig zijn. In de meeste gevallen gaat het hierbij om veelvouden van 50 Hz, de zogenaamde hogere harmonischen. Sommige goedkope types LED-lampen en TL-buizen verbruiken minder energie dan traditionele lampen maar genereren soms ook meer stroom harmonischen en creëren zo netvervuiling en een lage arbeidsfactor. Bij het veelvuldig ophangen van dergelijke lampen kan ook hier een toeslag voor het reactief verbruik worden aangerekend. Het is mogelijk dat in de nabije toekomst daarom de limieten op harmonischen en netvervuiling zullen verstrengen. Vraag ook hier steeds de nodige info aan je installateur.

GEFASEERD AANSCHAKELEN BIJ AANVANG

Planten hebben een zekere aanpassingsperiode nodig bij het aanschakelen van de belichting vooraleer ze optimaal gebruikmaken van het extra licht. Dit kan soms oplopen tot een half uur. Het kan dan interessant zijn om de lampen in verschillende schakelkringen te installeren, zodat ze gefaseerd kunnen worden aangezet. Gewoon een 500-tal lampen per hectare een half uur lang niet laten branden, het kan een mooie energiebesparing opleveren! Dit is natuurlijk eenvoudiger toe te passen bij nieuwe installaties. Het ombouwen van bestaande schakelkringen vergt wel wat aanpassingswerk.

BELICHTEN WE IN DE TOEKOMST OOK IN BELGIË OP GELIJKSPANNING?

Sinds 2012 worden in Nederland op praktijkschaal prototypes van lampen en schakelapparatuur op gelijkspanning uitgetest. Dit zou een aanzienlijke energiebesparing opleveren, weliswaar afhankelijk van de efficiëntie van de armatuur en lampen zelf. De stroomvoorziening verloopt via de centrale aansluiting op een bussysteem met veel dunnere bekabeling. Bijkomend zijn er voor de installatie minder componenten nodig. Ze hebben een langere levensduur en zijn duurzamer en goedkoper.

4.2. Met kennis van zaken investeren in nieuwe belichting

"Ga doordacht te werk bij de installatie van belichting en laat je steeds adviseren door de juiste experten."

Het installeren van belichting in de glastuinbouw vraagt een aanzienlijke investering indien dit op grote schaal gebeurt. Siertelers gaan bij de aankoop van belichting dus best niet over één nacht ijs, het installeren van belichting staat of valt met een goede kostenbatenanalyse.

IS BELICHTEN ECONOMISCH INTERESSANT?

Het is noodzakelijk om op voorhand de terugverdientijd en economische meerwaarde grondig in te schatten. Zo kan de belichting zichzelf terugverdienen door te zorgen voor een betere plantkwaliteit, meer opbrengst per m² teeltoppervlakte, een kortere teeltperiode of productie in periodes waar de verkoopprijzen gunstiger zijn. Ook de mogelijkheid om aan teeltplanning te doen en de daarbij horende arbeidsspreiding doorheen het jaar zijn voordelen van belichting. Het glastuinbouwbedrijf kan op die manier een efficiëntere werking aannemen.

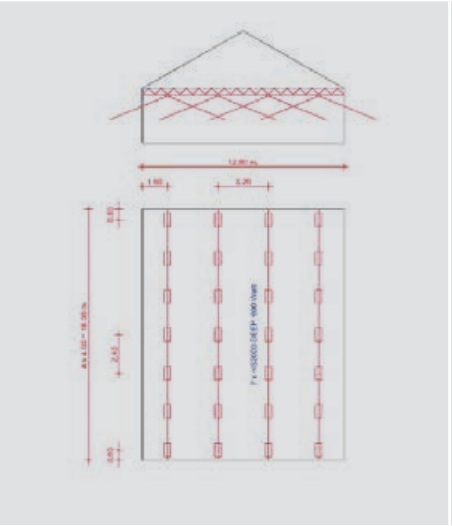
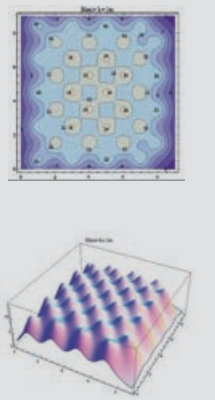
INVESTERINGS- EN WERKINGSKOSTEN

Daartegenover staat vanzelfsprekend de investeringskost van lampen, armaturen, bekabeling, sturing, installatiekosten en eventuele extra constructiebenodigdheden, voorziening hoogspanning … en dagelijkse werkingskosten door elektriciteitsverbruik, afschrijvingskosten, reiniging en onderhoud, vervangen van lampen en elektronische componenten van de belichtingsinstallatie. De installatie, exclusief de lampen, zal doorgaans op 10 jaar worden afgeschreven. De afschrijvingstermijn van de lampen daarentegen is sterk afhankelijk van het aantal branduren dat ieder jaar gerealiseerd wordt.

Een kost, naast de aankoopprijs, is verbonden aan de levensduur van klassieke lampen. Vanuit de fabrikant wordt altijd een voorzien aantal branduren opgegeven waarbij de lampen een bepaald percentage van hun straling behouden. Na dit aantal branduren gaat de efficiëntie van de lamp aanzienlijk achteruit en moet deze vervangen worden. Niet alleen om de belichtingsintensiteit op peil te houden, maar ook om schade aan elektronische apparatuur te vermijden. Naast de levensduur van de lamp moet men natuurlijk ook steeds rekening houden met een bepaald percentage uitval.

Men zou kunnen stellen dat één van de grotere dagelijkse kostenposten het ener-

Info
De levensduur van hogedruknatriumlampen wordt geschat op 10.000 branduren, bij LED kan dit oplopen tot 25.000 branduren.

BELICHTINGSPLAN HOGEDRUKNATRIUMPLAMPEN	UNIFORMITEIT LED-BELICHTING
	

Enkel met een correct belichtingsplan en een goede installatie zal de belichting zijn volledig rendement kunnen halen.

gieverbruik van de installatie is. In veel gevallen, wanneer geen WKK aanwezig is op het bedrijf, zal de belichting een aanzienlijke invloed hebben op het af te sluiten energiecontract. Toch mogen we dit elektriciteitsverbruik niet apart beschouwen. Het gebruik van bv. hogedruknatriumlampen zorgt ook voor een aanzienlijke warmteproductie in de serre. Ook al is deze bron van warmte misschien niet de meest efficiënte manier om te verwarmen, het zorgt er wel voor dat er op het moment van belichten iets minder moet gestookt worden.

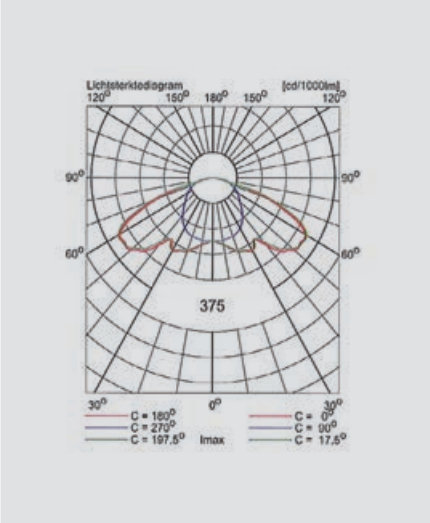
ADVIES EN LICHTPLAN

Voor het installeren van assimilatiebelichting of fotoperiodische belichting kan je best advies inwinnen bij experten en leveranciers. Enkel met een correct lichtplan en een goede installatie zal de belichting zijn volledig rendement kunnen halen. In de glastuinbouw zal over het algemeen met dezelfde softwaretoepassingen gewerkt worden als bij andere industrieën voor wat betreft het opmaken van een belichtingsplan. Daarom dat ook vandaag nog soms berekeningen in lux worden gemaakt bij de fabrikant. Met de opkomst van LED's gebruikt men echter al meer gerichte 3D-software specifiek voor teeltdoeleinden.

AANDACHTSPUNTEN

Een uniforme lichtverdeling in de kas is belangrijk om kwaliteitsverschillen in productie te vermijden. Bij het belichtingsplan dient hiermee rekening gehouden te worden. Over het algemeen zal men een verhouding tussen minimale en maximale belichtingssterkte over

LICHTSTERKTEDIAGRAM
HOGEDRUKNATRIUMPLAMPEN



de volledig belichte oppervlakte van minimaal 0,7 aanhouden.

Naast de gewenste lichtsterkte op plantniveau zal de omvang van de installatie ook afhangen van eventuele ruimtelijke beperkingen, zoals de kasconstructie, ophanghoogte en andere technische installaties, zoals schermdoeken en beregening, afstand tot het gewas ... Afhankelijk van deze invloedsfactoren zal voor iedere serre en toepassing afzonderlijk bekeken worden welke armaturen en bedekkingsgraad het meest geschikt zijn.

Een juiste keuze in armatuurtype zorgt ervoor dat met een minimum aantal lampen een optimaal resultaat bekomen wordt. Hoe minder lampen moeten voorzien worden, hoe lager de investeringskost en hoe meer natuurlijk licht de serre nog kan binnendringen. De lamp zorgt dus voor extra licht, terwijl de armatuur zorgt voor de ruimtelijke spreiding van dat licht. Ieder armatuurtype heeft zo zijn eigen kenmerken en kent zijn eigen toepassing. Deze informatie wordt verduidelijkt in een lichtsterktediagram opgesteld door de fabrikant.

JAARLIJKSE KOST BELICHTING

De jaarlijkse kost voor de installatie en lampen kan je als volgt berekenen:

Jaarlijkse installatiekost
= I x [(a+i+n)/100]

I = investeringskost van de belichtingsinstallatie (excl. lampen)
a = afschrijvingspercentage
i = intrest op het investeringsbedrag
n = onderhoudskost in % van de nieuwwaarde

Jaarlijkse kost van de lampen
= L x [(b/B) + (i+n)/100]

L = investeringskost van de lampen
b = aantal branduren per jaar
B = economische levensduur van lampen
i = intrest op het investeringsbedrag
n = onderhoudskost in % van de nieuwwaarde

Onderhoud
Armaturen en reflectoren raken vervuild door stof en gewasbeschermingsmiddelen. Laat ze daarom regelmatig reinigen.

REKENVOORBEELD

Stel dat een azaleabedrijf 4.000 m² wil bijbelichten tijdens de wintermaanden (september tot maart) met een lichtintensiteit van 75 µmol/m².s of ongeveer 15 W/m² gedurende 16 uur. Wat is de jaarlijkse kost van de lampen?

1. Bereken het aantal branduren per seizoen en de levensduur

Aantal branduren (b)
= 212 dagen (sept. tot maart) x 16 uur
= 3.392 branduren

Als we weten dat de gemiddelde economische levensduur van een lamp 10.000 branduren bedraagt:

Levensduur lamp
= 10.000 : 3.392
= 2,95 jaar

De lampen moeten dus na 3 jaar vervangen worden.

2. Bereken het aantal lampen dat je nodig hebt

Stel dat het bedrijf een 600 W lamp met een rendement van 33% (een hogedruknatriumlamp zet 25-40% van zijn gebruikte energie om in licht en de rest in warmte) zou gebruiken.

Aantal lampen
= (4.000 m² x 15 W/m²) / (600 W x 33%)
= 300 lampen of 1 lamp voor 13,5 m²

3. Bereken het geïnstalleerde vermogen

Geïnstalleerde vermogen
= 300 lampen x 645 W/lamp*
= 194 kW

* Een 600 W lamp verbruikt door ballastverliezen e.d. al snel 645 W.

Dergelijke aansluiting zal als hoogspanning worden geleverd door de distributienetbeheerder.

4. Bereken de installatiekosten

De installatiekost voor een geïnstalleerd vermogen van 645 W (bekabeling, armatuur inclusief lamp van 600 W, € 30/lamp) zal ongeveer € 245/stuk bedragen.

We gaan in dit voorbeeld uit van een afschrijvingsperiode van 10 jaar, een interestpercentage van 2% en een onderhoudskost van 1% ten opzichte van de nieuwwaarde.

Jaarlijkse installatiekost = I x [(a+i+n)/100]
= € 215 x 300 lampen x [(10 + 2 + 1)/100]
= € 8.385

Jaarlijkse kost van de lampen = L x [(b/B) + (i+n)/100]
= € 30 x 300 lampen [(3.392/10.000 branduren)
+ (2 + 1)/100]
= € 3.330

Besluit: De jaarlijkse kost van de lampen bedraagt in dit geval € 3.330.

Indien het bedrijf zou werken met een gestuurde DLI en gemiddeld 6,6 uur belichten per dag voldoende zou zijn, dan zouden slechts 1.400 branduren nodig zijn. De jaarlijkse kost van de lampen is dan slechts € 1.530, of een jaarlijkse besparing van 54% op de lampen zonder rekening te houden met het lagere elektriciteitsverbruik.

4.3. Besparen door het rendement van de belichting te optimaliseren

"Noteer meetgegevens steeds in een kort standaardformulier zodat je deze kan vergelijken met nieuwe data."

Door het regelmatig onderhouden en uitmeten van de belichtingsinstallatie kan de levensduur van de installatie aanzienlijk beperkt worden en het risico op uitval vermeden worden.

LICHTGARANTIE

Nieuwe hogedruknatriumlampen moeten meestal een 100-tal uren branden vooraleer de lampspanning en interne werking van de lamp helemaal stabiel zijn. Als de lamp zijn volledige levensduur nadert, kan deze na enige tijd uitgaan en na afkoeling weer aan. Dit wordt ook 'cyclen' of 'pendelen' van een lamp genoemd. Het is een signaal dat de lamp al vervangen had moeten worden. Het niet tijdig vervangen van een lamp heeft invloed op de lichtopbrengst en op de levensduur van verschillende onderdelen in de armatuur. Daarom is het belangrijk om ieder teeltseizoen de lampen te controleren op hun lichtopbrengst en zo nodig tijdig te vervangen. Ook LED's, spaarlampen en andere types hebben een economisch aantal branduren. Deze worden veelal in labo-omstandigheden door de fabrikant bepaald. Na de economische levensduur zullen lampen wellicht nog werken, maar dan wel met een veel lagere efficiëntie. Het energieverbruik ten opzichte van de lichtoutput zal dus aanzienlijk stijgen.

CONDENSATOREN IN ARMATUREN

In de tuinbouw komen talrijke soorten hogedruknatriumarmaturen voor die nog elke

AANDACHTSPUNTEN BIJ CONTROLE EN ONDERHOUD	
AANDACHTSPUNT	TE CONTROLEREN
Schema van de installatie	Is dit up-to-date?
Verdeelinrichtingen	Mogen niet boven de 60°C komen.
Analyse netspanning	Schakel de belichting minimaal 1 uur aan en voer een meting uit van de powerfactor, stroom en spanning op verschillende plaatsen.
Algemene meting condensatoren	Meting van de capaciteit van een representatief aantal condensatoren. Indien meer dan 2 condensatoren meer dan 15% van hun oorspronkelijke waarde zijn afgenomen, moeten alle condensatoren vervangen worden.
Lichtopbrengst	Laat de lichtopbrengst op gewasniveau opmeten, het PCS kan je hierin bijstaan. Vervang lampen tijdig om energie- en opbrengstverliezen tegen te gaan en laat eventuele reflectorkappen tijdig reinigen.
Overzicht van metingen	Hou steeds alle metingen bij zodat je deze kan vergelijken bij een volgende controle!

Veiligheid
Slecht werkende of versleten condensatoren kunnen de belichtingsinstallatie overbelasten en zelfs brandgevaar veroorzaken!

dag efficiënter worden. Toch zijn ze op te delen in twee groepen: armaturen met elektronische of elektromagnetische voorschakelapparatuur. Het wordt echter bij beide soorten afgeraden om zelf reparaties aan armaturen uit te voeren. Daar waar de armaturen met elektronische voorschakelapparatuur in principe geen vervangbare onderdelen hebben, zijn bij de conventionele armaturen met elektromagnetische voorschakelapparatuur de condensatoren een belangrijk aandachtspunt. De condensatoren zorgen bijvoorbeeld voor een begrenzing van de stroom, de blindstroomcompensatie. In normale omstandigheden ligt de levensduur van dergelijke condensatoren ongeveer rond de 30.000 uur, in de praktijk dus ongeveer 8 jaar. Na deze periode moeten ze worden vervangen.

Harmonische vervorming van de netspanning leidt tot een aanzienlijk kortere levensduur van condensatoren.

Harmonische vervorming van de netspanning leidt tot een aanzienlijk kortere levensduur van condensatoren, spanningspieken en een te hoge temperatuur. Wanneer de harmonische vervorming te hoog is, zal dit eveneens leiden tot extra opwarming van de bekabeling, verbindingen en componenten in de armatuur en verdeelinrichtingen. Door toename van de temperatuur door harmonische vervorming neemt het risico op brand toe. Dit is

ook het geval bij veroudering, zoals corrosie van de installatie door invloed van gewasbeschermingsmiddelen. Als de temperatuur in verdeelinrichtingen te hoog oploopt, dan leidt dat ook weer tot een versnelde veroudering van de componenten in de verdeelkasten.

NULMETING

Om afwijkingen te kunnen constateren, moet de belichtingsinstallatie regelmatig (jaarlijks vanaf 3 jaar) worden getest. Het is raadzaam om bij nieuwe installaties na 100 uur en bij volledig ingeschakelde belichtingsinstallatie een nulmeting te doen om onder andere de harmonische vervorming vast te stellen en de aardweerstand te meten. Het is belangrijk om de meetgegevens bij te houden zodat deze bij een volgende meting kunnen vergeleken worden.

Uitgelicht: het economisch plaatje belicht

1. Evalueer op regelmatige basis of je energiecontract nog aansluit bij je bedrijfsbehoefte.
2. Door controle van de installatie kan een toeslag vanwege een afwijkende cos φ of blindvermogen vermeden worden.
3. Laat een nieuwe belichtingsinstallatie volledig doorrekenen op lichtopbrengst en energieverbruik.

Trefwoordenlijst

Absorptiespectrum	p. 13
Arbeidsfactor	p. 42
Assimilatiebelichting	p. 19, 23, 25, 28, 31, 33, 42, 46
Blindvermogen	p. 43
Chloroplasten	p. 8, 13
Condensator	p. 42, 49
Cryptochroom	p. 11, 12, 13, 16
DLI (daily light integral)	p. 10, 22, 32, 33, 48
Fluorescentielampen	p. 27, 29
Fotonen	p. 8, 18, 19, 20
Fotoperiodiciteit	p. 14
Fotoreceptoren	p. 11, 13
Fotosynthese	p. 6, 8
Fotosynthetisch actieve straling	p. 6, 8, 16, 18
Fototropine	p. 11, 12, 13
Fytochroom	p. 11, 12, 14
Globaalstralingspyranometer	p. 18
Globale straling	p. 6, 19, 21
Harmonischen	p. 44
Hogedruknatriumlampen	p. 20, 27, 29, 31, 32, 39, 46, 49
LED-lampen	p. 28, 29, 31, 34, 36, 39, 44
Lichtcompensatiepunt	p. 9
Lichtintensiteit	p. 7, 9, 13, 16, 25, 27, 28, 31, 32, 34, 38
Lichtkwaliteit	p. 7, 11
Lichtplan	p. 27, 46
Lichtresponsiecurve	p. 9
Lux-meter	p. 18, 19
Morfogenese	p. 7, 11
PAR-sensor	p. 18, 19, 21, 22, 25
Piekvermogen	p. 42
Plasmalampen	p. 29, 30
Pyrgeometer	p. 19
R/FR-verhouding	p. 7, 12, 13, 14, 28, 34
Solarimeter	p. 18, 19, 21, 22
Spectroradiometer	p. 19, 20
UV-licht	p. 6, 11, 13, 29, 30, 37
UVR8	p. 11, 12, 13
φ (cos φ voor arbeidsfactor)	p. 43
φ (fytochroom foto-evenwicht)	p. 12, 13, 14

Literatuurlijst

ASSIMILATIEBELICHTING: Controle en onderhoud (2007).
Nederland, LTO Groeiservice, OVTO & Stichting Hagelunie, 20 p.

CHRISTIAENS, A., LOOTENS, P., ROLDÁN-RUIZ, I., PAUWELS, E., GOBIN, B. & VAN LABEKE, M.C. (2014).
Determining the minimum daily light integral for forcing of azalea (*Rhododendron simsii*).
Scientia Horticulturae, 177, p. 1-9.

DE GROOTE, A., SAVERWYNS, A. & HUYGENS, H. (1992). Kunstlicht in de sierteelt.
1ste uitgave, Brussel (België), Ministerie van Landbouw, Dienst Informatie, 80 p.

DE HOOG, J. (1998). Teelt van kasrozen.
Aalsmeer (Nederland), Proefstation voor de Bloemisterij en Glasgroente, 218 p.

HAMLYN, G.J. (2014). Plants and microclimate: a quantitative approach to environmental plant physiology.
3rd edit., Cambridge (UK), Cambridge University Press, 423 p.

HEMMING, S., WAAIJENBERG, D., BOT, G., DUECK, T., VAN DIJK, C., DIELEMAN, A., VAN RIJSSEL, E., HOUTER, B., SONNEVELD, P., DE ZWART, F. & MARISSEN, N. (2004). Optimaal gebruik van natuurlijk licht in de glastuinbouw.
Wageningen (Nederland), Agrotechnology & Food innovations Wageningen UR, 154 p.

KENDRICK, R.E. & KRONENBERG, G.H.M. (1994). Photomorphogenesis in plants.
2nd edit., Dordrecht (The Netherlands), Kluwer Academic Publishers, 828 p.

LARIGUET, P. & DUNAND, C. (2005). Plant photoreceptors: phylogenetic overview.
Journal of molecular evolution, 61, p. 559-569.

RYCKAERT, W., PUTTEMAN, K. & VAN KERCKHOVEN, D. (z.j.). Wat betekent Power Factor?
Gent (België), Laboratorium voor Lichttechnologie, Kaho Sint-Lieven, 11 p.

TAIZ, L. & ZEIGER, E. (2010). Plant physiology.
5th edit., Sunderland (USA), Sinauer Associates Inc, 782 p.

TORRES, A.P. & LOPEZ, R.G. (2010).
Commercial greenhouse production: measuring daily light integral in a greenhouse.
West Lafayette (USA), Purdue extension Perdue University, 7 p.

Onderzoek rond licht en energie

Wetenschappelijk en praktijkgericht onderzoek, uitgevoerd door het PCS en diverse nationale en internationale partners, vormt de basis van deze innovatiegids.

Bloeiregulatie en -kwaliteit bij azalea: interactie tussen genetische, fysiologische en teeltgebonden factoren (2008-2012), uitgevoerd door PCS, ILVO en UGent en gefinancierd door IWT.

Adviesdienst Klimaatregeling: Energiebesparing in de sierteelt onder glas door introductie van innovatieve technieken op basis van fysiologische achtergronden (2009-2013), uitgevoerd door PCS en gefinancierd door IWT.

EnergieBewust Boeren (2010-2012), uitgevoerd door Inagro, PSKW, PCG, PCH, PCS, Hooibeekhoeve, Proefbedrijf Pluimveehouderij, PIBO-Campus, ILVO, NPW en gefinancierd door EFRO.

GreenGrowing: Energiebesparing in de glastuinbouw in de Noordzeeregio (2011-2015), uitgevoerd door Aarhus University, Syddansk Universitet (Denemarken), Hochschule Osnabrück, Landwirtschaftskammer Niedersachsen (Duitsland), Bioforsk (Noorwegen), SLU (Zweden), PCS, PCG (België) en TNO (Nederland) en gefinancierd door het Interreg IVB North Sea Region Programme.

Kennisgedreven sturing van plantfysiologische processen in de sierteelt ter bevordering van plantkwaliteit (2012-2016), uitgevoerd door ILVO, UGent en PCS en gefinancierd door IWT.

Praktijkonderzoek PCS, uitgevoerd door de verschillende afdelingen van het PCS en gefinancierd door de Vlaamse overheid, de Provincie Oost-Vlaanderen en de sierteeltsector.

10 tips voor een zuinige en doordachte belichting

1. Gebruik het zonlicht zo optimaal mogelijk.
2. Om de lichtintensiteit en lichtverdeling van je belichting na te gaan, gebruik je steeds een PAR-sensor.
3. Laat je sensoren jaarlijks controleren en indien nodig afijken. Reinig ze regelmatig met een propere doek.
4. Kies lampen op basis van de toepassing die je beoogt en test nieuwe belichting voor het sturen van plantprocessen vooraf in een kleine proef.
5. Vermijd overtollige branduren: stuur je assimilatiebelichting op basis van stralingsintensiteit of de gewenste DLI.
6. Onderzoek of lokale energieproductie voor jouw bedrijf een optie is en bekijk hoe je het piekvermogen in je serre kan verlagen door eventueel gefaseerd te belichten.
7. Kies een energiecontract dat aansluit bij jouw belichtingsstrategie. Vergelijk energieleveranciers voor bedrijven via www.vreg.be.
8. Vervang lampen en overige componenten op tijd om energieverlies te vermijden en overweeg de aankoop van extra condensatoren om blindstromen te vermijden.
9. Kies voor energiezuinige lampen en bedenk dat de aanschafkost voor de lampen maar één aspect is, hoeveel energie de installatie verbruikt is minstens zo belangrijk.
10. Van zodra de belichtingsinstallatie drie jaar oud is, laat je deze best controleren door een erkend expert. Doe bij een nieuwe installatie steeds een nulmeting.

Heb je nog vragen?

Contacteer het Proefcentrum voor Sierteelt
via info@pcsierteelt.be of +32 (0)9 353 94 94.

© PCS - 2015 | v.u. Bruno Gobin (PCS), Schaessestraat 18, 9070 Destelbergen, België | 20150415

proefcentrum voor sierteelt

Schaessestraat 18, 9070 Destelbergen, België
T: +32 (0)9 353 94 94 | F: +32 (0)9 353 94 95
E: info@pcsierteelt.be | W: www.pcsierteelt.be

Volg het PCS ook op LinkedIn en Twitter

proefcentrum-voor-sierteelt

@WWboomkwekerij

Vlaanderen verbeelding werkt

iwt

Provincie Oost-Vlaanderen Voor ieder van ons

BOERENBOND

AVBS

FLORALIËN

KBC