

Hoog rendement LED-lampen: een feit of nog toekomstmuziek?



Het is nog grotendeels onbekend welke combinaties kleuren in welk gewasstadium van belang zijn voor een optimale fotosynthese. Het onderzoek moet deze informatie de komende jaren aanleveren.

Na de Horti Fair 2007 is een kleine hype ontstaan rond de introductie van LED's als groeilicht. Diverse telers zijn recent gestart met proeven op hun bedrijf. Dit getuigt van gezonde ondernemerszin. De verwachtingen zijn hoog gespannen. Er worden stevige doelen nagestreefd: met LED's dezelfde productie halen als met conventionele belichting maar met 75% minder energie-input. Is dit momenteel haalbaar?

TEKST: WIM VAN IEPEREN, WUR WAGENINGEN

Wageningen Universiteit en Plant Dynamics zijn vijf jaar geleden op kleine schaal gestart met het samen onderzoeken van de effecten van specifieke lichtkleuren door LED's op de groei van planten. Twee jaar geleden is een groot onderzoeksproject gestart. Op dat moment leek het economisch verantwoord inzetten van deze armaturen als groeilicht nog minstens acht jaar te duren. Toch vindt er nu al een introductie in de praktijk plaats.

De versnelde introductie van LED's lijkt niet te komen door onverwacht snelle ontwikkelingen in deze technologie bij de grote

producenten. Het onderzoek heeft ook nog geen grote effecten van de specifieke lichtkleuren op de groei gerapporteerd, daar is het nog te vroeg voor.

Hebben we hier te maken met een onterecht positief beeld over de huidige prestaties van LED's? Waar is dat positieve beeld eigenlijk op gebaseerd?

Watt per watt

Vaak wordt in de praktijk de eenheid voor lichtrendement uitgedrukt in watt licht-opbrengst per watt energie input (watt per watt). Dit klinkt logisch. Het is echter

fout om dat te doen bij het vergelijken van lichtbronnen met een verschillende kleursamenstelling.

Voor de fotosynthese van planten is alleen het aantal lichtdeeltjes (micromollen = μmol) van belang en niet de lichtenergie (watt). De genoemde rendementen van aangeboden LED-armaturen in de sector lijken veel hoger dan de maximale rendementen van de individuele LED's van bekende producenten, en dat is merkwaardig.

Rendement in $\mu\text{mol}/\text{sec}$ per watt

De basis van een goede rendementberekening begint in de plant. Het gaat tenslotte om het doel van het extra licht: productie-verbodiging door extra fotosynthese. Fotosynthese draait op lichtdeeltjes (of fotonen) in het PAR golflengte gebied (400 - 700 nm; PAR = Photosynthetic Active Radiation).

Dit 'draaien op fotonen' is de belangrijkste reden waarom wetenschappers de lichtintensiteit al meer dan dertig jaar uitdrukken in het aantal lichtdeeltjes/sec per m^2 (μmol fotonen/sec per m^2).

Terecht volgt de tuinbouw deze ontwikkeling, hoewel in de praktijk de eenheid lux nog steeds niet uitgebannen is. Lux geeft de lichtintensiteit aan die is gecorrigeerd voor de gevoeligheid van het menselijk oog. Dat is erg nuttig voor onze beleving van licht, maar onbruikbaar voor de plantengroei in afhankelijkheid van de lichtkleur.

De fotonen bepalen dus de fotosynthese. Daaruit volgt op logische wijze dat het fotonen- of PAR-rendement een goede maat is om het rendement van groeilicht weer te geven. Het PAR-rendement is het aantal geproduceerde fotonen (400 - 700 nm) per hoeveelheid elektrische energie input. Dit rendement drukken we dus correct uit in de eenheid $\mu\text{mol}/\text{sec}$ per watt.

Vershil tientallen procenten

Het is fout, zoals hiervoor aangegeven, om het lichtrendement in energie uit te drukken in plaats van in fotonen. Die fout kan tot enkele tientallen procenten oplopen, zeker bij het vergelijken van lichtbronnen die een verschillende kleursamenstelling (spectrale samenstelling) uitzenden. Alleen wanneer de exacte

Vervolg op
pagina 64 ➤

Hoog rendement LED-lampen: een feit of nog

Vervolg van
pagina 63



Komkommerplanten onder rode LED-lampen...

onder blauwe LED-lampen...

en onder een combinatie van rode en blauwe LED-lampen.

spectrale samenstelling van het uitgezonden licht bekend is, kan een deugdelijke omrekening van een gegeven rendement in watt per watt naar $\mu\text{mol}/\text{sec}$ per watt plaatsvinden.

De actuele spectrale samenstelling van het licht uit een lichtbron kan bovendien variëren door bijvoorbeeld veroudering en bij lichtbronnen op basis van verschillende kleuren LED's ook door de temperatuur.

Een ruwe indicatie van de grootte van de fout: een blauwe lichtbron met eenzelfde lichtenergie-rendement als een rode lichtbron geeft een 35 - 40% lager PAR-rendement. Dit zal onherroepelijk leiden tot een lagere fotosynthese en dus minder groei. Hierbij geldt een kanttekening: een plant heeft voor een optimale groei en gezonde ontwikkeling een combinatie van lichtkleuren nodig.

Ook LED's geven veel warmte

De meest efficiënte blauwe LED's van dit moment hebben volgens opgave van de grote producenten een lichtenergie-rendement van circa 0,22 - 0,24 watt per watt. Dit komt overeen met een PAR-rendement van maximaal 1 $\mu\text{mol}/\text{sec}$ per watt.

Voor rode LED's kan dit rendement, afhankelijk van de exacte golflengte iets hoger liggen (een PAR rendement van circa 1,6 $\mu\text{mol}/\text{sec}$ per watt).

LED's van andere kleuren hebben veel lagere rendementen (zie figuur). Deze rendementen zijn gemeten in het lab (25°C) met speciaal daarvoor bedoelde apparatuur.

In de praktijk liggen de rendementen nog een stukje lager. De aansturing geeft immers een verlies van 5 tot 10%. Ook door de hogere temperatuur als gevolg van de warmteproductie daalt het rendement. Dit heeft tot gevolg dat LED's een

aanzienlijk deel van de energie-input (meer dan 70%) niet in licht omzetten maar in warmte. Gelukkig zijn deze armaturen vrij makkelijk te koelen, bijvoorbeeld met water. De daarvoor benodigde energie blijft in de rendementsberekeningen meestal buiten beschouwing. Het koelen is noodzakelijk om de bovengenoemde efficiënties te kunnen benaderen.

Rendementen van LED's

Op dit moment zijn de PAR-rendementen van de meest efficiënte LED's nog steeds een stuk lager dan van de gangbare lichtbronnen. Sommige leveranciers melden echter dat hun armaturen een bijna drie keer zo hoog rendement behalen als de reguliere rode LED's. Helaas is er nog geen verifieerbare en objectieve informatie over deze lampen beschikbaar.

De vraag is waar de genoemde hoge rendementen vandaan komen? Dit is een lastige vraag. Het is in ieder geval zonneklaar dat de in de tuinbouw genoemde hoge lichtrendementen (meer dan 70%) haaks staan op de opgegeven rendementen door de grote producenten van de LED's (minder dan 30%). Het is absoluut onmogelijk dat dit komt door verbeterde aansturing of andere technische ontwikkelingen in de armaturen.

Kennelijk is er iets anders aan de hand. Er is geen aanleiding om te twijfelen aan de kwaliteit van de rendementsgetallen van de producenten. Hun metingen zijn onderhevig aan strenge kwaliteitsnormen en worden uitgevoerd in gecertificeerde laboratoria. Bovendien ontlopen de rendementsgetallen van een aantal verschillende producenten van top kwaliteit LED's elkaar niet zo veel.

Metten met een lichtmeter

Bij de rendementsbepalingen aan groeilicht kan iemand aanzienlijke fouten maken door het toepassen van een 'snelle' procedure met een lichtmeter (PAR of energie) en wat éenvoudige berekeningen. Vaak plaatst men de lichtmeter op een vaste afstand loodrecht onder de lichtbron en meet de lichtintensiteit (in $\mu\text{mol}/\text{m}^2$ per sec of in W/m^2).

Het rendement wordt vervolgens berekend door de gemeten lichtintensiteit te delen door de energie-input van de betreffende lichtbron per m^2 grondoppervlak.

Het probleem van deze bepaling is dat wordt aangenomen dat de gemeten licht-intensiteit een maat is voor de totale licht-opbrengst van de lichtbron, zonder rekening te houden met de spreiding en de kwaliteit van de lichtverdeling. Het gevolg hiervan is dat sterk gerichte (gefoceuste) lichtbronnen zoals LED's er onterecht veel beter uitkomen dan rond- of breed stralende lichtbronnen zoals TL en HPS.

LED's geven 35% minder PAR

Wat betekenen deze rendementsverschillen nu voor de praktijk? Telers willen graag dezelfde productie halen met LED's als met HPS, maar met een lager energieverbruik.

Een besparing op de energie consumptie van 75% is op basis van reële gegevens nog lang niet haalbaar. We kiezen daarom in dit voorbeeld voor een reductie in energie consumptie van 25%.

Met de huidige efficiëntie van LED- en HPS-armaturen hebben LED's 10% meer energie-input nodig voor dezelfde hoeveelheid PAR lichtopbrengst, dan HPS-armaturen. Een reductie van het energieverbruik van 25% bij LED-armaturen, betekent dus dat de hoeveelheid PAR-licht op het gewas vanuit bijbelichting met circa 35% afneemt. Volgens de 1% regel (1% meer licht geeft 1% meer productie) zou dit ongeveer 35% vermindering van de productietoename door groeilicht opleveren bij gebruik van LED licht ten opzichte van gangbaar groeilicht (HPS).

Dit percentage moet dus worden gecompenseerd door de specifieke positieve effecten van de lichtkleur van bijbelichting op de fotosynthese. Dit is heel veel en wij hebben nog geen enkele indicatie dat dit kan lukken.

Lichtkleur en fotosynthese

Vooralsnog is er erg weinig bekend over het optimaal gebruiken van specifieke golflengten (kleur) van licht voor groei. Wel zijn er belangrijke misvattingen die met name andere lichtbronnen dan LED's onterecht een negatief imago geven.

Eén zo'n belangrijke misvatting is dat planten niets doen met groen licht en dat een groot aandeel groen licht in een lichtbron dus vooral verlies oplevert. Groen licht zou voor de fotosynthese niet van belang zijn. Dit is niet correct. Bladeren absorberen groen licht iets slechter dan rood of blauw licht (daardoor zien ze er voor ons oog groen uit), maar het grootste deel van opvallend groen licht wordt wel geabsorbeerd. Op gewasniveau nemen de planten meestal zelfs meer dan 80% van het groene licht op en gebruiken dit voor de fotosynthese en groei.

Effect lichtkleuren op planten

Alle fotonen in het PAR gebied dragen bij aan de fotosynthese. Rood licht is het meest efficiënt, maar voor geen van de andere lichtkleuren daalt de relatieve efficiëntie onder de 55 - 60% ten opzichte van rood. Dit principe is ook aangetoond



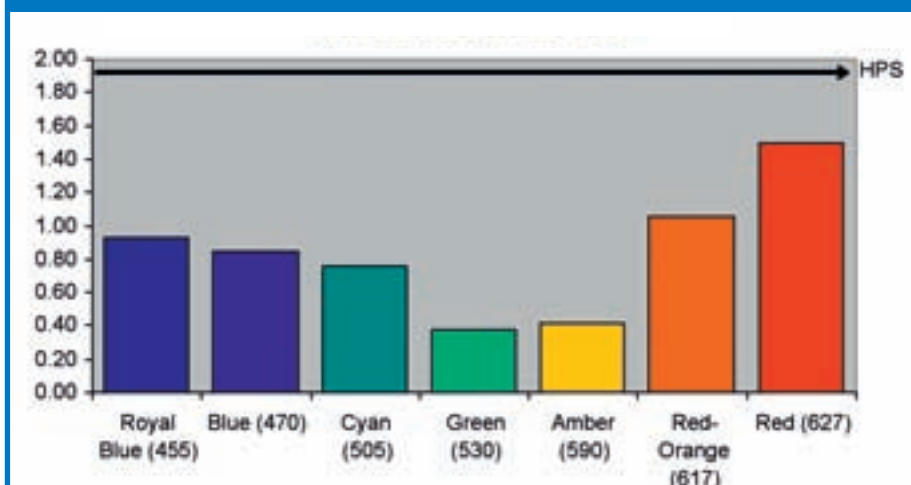
Niet alleen rood en blauw ook groen licht draagt bij aan de fotosynthese.

in Wageningse proeven met LED's van verschillende golflengten.

Het is nog grotendeels onbekend welke kleuren en welke combinaties kleuren in welk gewasstadium van belang zijn voor een optimale fotosynthese. Deze informatie zal het onderzoek in de komende jaren moeten gaan aanleveren.

Er wordt bij Wageningen Universiteit hard gewerkt aan het ontwikkelen van kennis over specifieke plant reacties op lichtkleuren die kunnen bijdragen aan het efficiënt inzetten van LED's als groeilicht. De eerste resultaten worden de komende maanden verwacht.

FIGUUR. PAR-rendementen van 'High Power' LED's bij verschillende lichtkleuren (in nm)



Rode LED's hebben een PAR rendement van circa 1,6 $\mu\text{mol}/\text{sec}$ per watt. LED's van andere kleuren hebben veel lagere rendementen. De pijl geeft het PAR rendement van een HPS-lamp aan.

Energiebesparing door het toepassen van LED's als groeilicht komt (nog) niet uit een efficiëntere omzetting van elektrische energie in licht voor groei ten opzichte van conventionele belichting. Een verlaging van de energierekening met dezelfde lichtopbrengst zit er dus nog niet in. De huidige verwachtingen over het effect van specifieke lichtkleuren op groei zijn erg hoog gespannen maar nog niet te onderbouwen met deugdelijke onderzoeksresultaten.

SAMENVATTING