

Tienduizenden keren per seconde aan- en uit te schakelen

Veelbelovend pulseren van LED's valt



Jacques de Ruijter stelt met een laptop de knipperfrequentie en duty cycle van de LED's in: "Het is gelukt om de LED's 100.000 keer per seconde te laten knipperen, maar het energieverbruik neemt daardoor wel flink toe."

Onderzoek vorig jaar toonde aan dat de fotosynthese bij snel knipperende LED's efficiënter verloopt dan bij continu licht. Per energie-eenheid dus meer productie. Nieuw – niet eerder gepubliceerd – onderzoek ondergraaft het optimisme. En verklaart meteen de valstrik van de hoopgevende resultaten vorig jaar. Jacques de Ruijter van KEMA velt het finale oordeel: pulseren van LED's heeft geen zin. "Geen energie meer in steken; richt de aandacht liever op verbetering van deze armaturen en de optimale inpassing in de kas."

TEKST EN BEELD: TIJS KIERKELS

LED's kunnen, in tegenstelling tot hogedruk natriumlampen, zeer snel aan en uit geschakeld worden, tienduizenden keren per seconde. Het menselijk oog kan dat knipperen niet meer waarnemen. Als ze uit zijn, gebruiken ze geen energie. Dus dit 'pulseren' is een methode om energie te besparen.

Meer efficiënte fotosynthese

Uit Japans onderzoek kwam naar voren dat planten efficiënter met pulserend licht omgaan dan met continu licht. Een verklaring zou kunnen liggen in de eerste stappen van de fotosynthese. Daarin wordt met zonne-energie een elektron op een hoger energieniveau gebracht. Gedurende die (zeer korte) tijd is het reactiecentrum in het fotosysteem (met daarin het blad-groen) 'bezet' en zou het geen zin hebben nieuw licht aan te bieden. Het zag er zo veelbelovend uit dat KEMA

en Plant Research International twee jaar geleden een proef met sla in een klimaatcel opzetten onder pulserend en continu licht. Het resultaat daarvan: onder pulserend licht daalde de productie, maar minder dan het energieverbruik. Per energie-eenheid steeg dus de productie. "Maar telers hebben nu eenmaal liever niet minder kilo's. Daarom hebben we in nieuw onderzoek de lichtintensiteit bij pulserende LED's opgevoerd om de totale lichtsom op gelijk niveau te houden – in vergelijking met continu licht", vertelt Jacques de Ruijter, onderzoeker/adviseur van KEMA.

De verwachting was dat het pulseren de efficiëntie van de fotosynthese zou verhogen. Bij een gelijke lichtsom zou dan de productie moeten stijgen. Een gelijke lichtsom betekent dus dat de pulserende LED's feller branden als ze aan zijn dan de continu brandende LED's. De lichtintensi-

teit was 2,5 keer zo hoog als bij continu belichten.

Technisch werkt pulseren prima

Behalve de lichtsom zijn er nog twee factoren relevant: de knipperfrequentie en de 'duty cycle'. Dat laatste begrip geeft aan hoeveel procent van de tijd de lampjes aan zijn. Technisch gezien was het niet zo gemakkelijk. De stroomsterkte dient bij gelijkblijvende lichtsom ongeveer omgekeerd evenredig aan de duty cycle te zijn. "De specificaties van LED's zijn gebaseerd op continu branden. We waren bang dat ze het niet zouden redden bij snel knipperen en een hoge stroomsterkte, maar technisch kan de LED het aan."

Het is gelukt om ze 100.000 keer per seconde te laten knipperen. In het nieuwe onderzoek is 10 kHz (10.000 maal per seconde) gebruikt in een duty cycle van 40%. Er zijn rode en blauwe LED's toege-

menselijk oog —

reactiecentrum —

— duty cycle

— 100.000 keer per seconde

past en het gebruikte gewas was wederom sla. De onderzoekers van KEMA en PRI/WUR Glastuinbouw hebben op deze manier twee experimenten van drie weken uitgevoerd.

Eerste tegenvaller bij de resultaten is dat bij het gebruikte type LED's het energieverbruik flink stijgt, naarmate de duty cycle korter wordt. De blauwe lampen vroegen bij de gehanteerde duty cycle 20% meer energie. De rode zelfs 40%. Bij een duty cycle van 25% is dat zelfs respectievelijk 40% en 80%. Dus helemaal geen energiebesparing. Dit heeft te maken met ohmse verliezen, die flink toenemen met de stroomsterkte.

Lichtresponscurve

Maar de finale tegenvaller vormden toch wel de metingen aan de planten. De gemiddelde netto-fotosynthese van de slaplanten onder continu en pulserende licht was nagenoeg gelijk! Natuurlijk was er variatie tussen de planten – zoals altijd bij levend materiaal – maar dat was bij beide behandelingen zo. De statistiek was onverbiddelijk: geen verschil.

“We hadden de stille hoop dat het korter maken van de duty cycle de efficiëntie van de fotosynthese nog zou verhogen, maar in een vooronderzoek is ook die hoop de bodem ingeslagen”, vertelt De Ruijter. Ook andere frequenties hadden nauwelijks invloed.

Hoe kan dit nu: vorig jaar veelbelovende resultaten en nu de conclusie dat verder onderzoek geen zin heeft? De verklaring zit in de lichtresponscurve (zie figuur). Deze curve (die in principe geldt voor continu

licht) geeft aan hoe de fotosynthese stijgt bij toenemende lichtintensiteit. Op een gegeven moment treedt er een verzadiging op: meer licht leidt dan niet tot meer fotosynthese. In het steile deel van de grafiek verloopt de fotosynthese efficiënter per μmol licht dan in het verzadigde deel.

Geen verder onderzoek

In het experiment van twee jaar geleden is de fotosynthese in het meer verzadigde deel (bij ca $300 \mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ continu licht) vergeleken met fotosynthese in het steilere stuk (pulseren, gemiddeld lichtniveau ca $240 \mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$). Toen is namelijk de lichtsom niet gelijk gehouden, maar het lichtniveau op de momenten van doseren.

Gezien de lichtresponscurve is het logisch dat planten onder (gemiddeld) minder licht efficiënter daarmee omgaan. Daarbij is dan wel aangenomen dat bij pulseren dezelfde lichtresponscurve geldt als bij continu licht en een vergelijking wordt gemaakt bij hetzelfde gemiddelde lichtniveau. “Het veelbelovende resultaat lag dus vermoedelijk niet aan het pulseren, maar doordat er gemiddeld minder licht was. Je zit dan in het steilere stuk van de curve”, zegt De Ruijter.

In het nieuwe onderzoek zit de fotosynthese bij continu licht in het steile stuk van de curve ($237 \mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$). Op dat niveau is de fotosynthese erg efficiënt. Bij het pulseren zit de fotosynthese (momentaan) vanwege de hogere lichtintensiteit in een vlakker stuk (circa $593 \mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$). Dan is de fotosynthese minder efficiënt. Gemid-



Bovenkant van de LED-armatuur met zwarte koelelementen. De warmte die LED's produceren, moet afgevoerd worden. Met name bij rode LED's daalt het omzettingsrendement flink bij stijgende temperatuur.

deld is het lichtniveau bij pulseren ook $237 \mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ en zit daarmee dus op het zelfde stuk van de curve als bij continu belichten.

De fotosynthese bij pulseren was wel beter dan verwacht op grond van berekeningen met de momentane lichtintensiteit op de curve. Maar zoals gezegd was er bij de metingen aan het gewas geen significant verschil en lijkt dus met name de gemiddelde lichtintensiteit bepalend.

De gevonden resultaten gelden in principe alleen voor het onderzochte frequentie- en het duty cycle gebied. Wellicht treden bij veel hogere puls-frequenties wel duidelijk verschillen op, maar dat is technisch moeilijk te realiseren. De Ruijter ziet daarom op het moment geen reden meer voor verder onderzoek naar pulseren.

Onderzoek met pulserende LED's in 2006 leverde veelbelovende resultaten. Per energie-eenheid steeg de productie in vergelijking met continu licht. Nieuw onderzoek slaat de hoop de bodem in. Geen verschil tussen pulseren en continu licht bij de toegepaste condities. De verklaring voor beide onderzoeksresultaten is af te lezen in de lichtresponscurve van de plant. Nieuw onderzoek heeft op dit moment geen zin, vindt de Kema.

SAMENVATTING

hoge energieverbruik

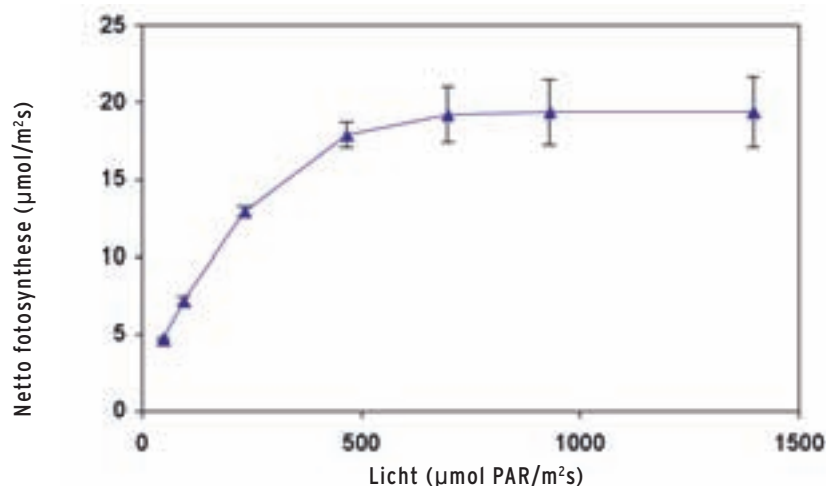
netto fotosynthese

andere frequenties

momentane lichtintensiteit

hogere puls-frequenties

Figuur. Lichtresponscurve



Netto fotosynthese van slabladeren in een klimaatkamer bij verschillende lichtintensiteiten op het blad.