

Energie-efficiënte belichtingstechnieken in hogedraad komkommer

Vergelijking HPS - LED

Proefperiode: november 2018 – april 2019

Proef uitgevoerd door: Proefstation voor de Groenteteelt, België



Interreg



Vlaanderen-Nederland
Europees Fonds voor Regionale Ontwikkeling

AGENTSCHAP
INNOVEREN &
ONDERNEMEN



Vlaanderen
is ondernemen



Provincie
Antwerpen



Ministerie van Economische Zaken
en Klimaat

provincie limburg
gesubsidieerd door de Provincie Limburg



Flanders
State of the Art

Titel	Energie efficiënte belichtingstechnieken in hogedraad komkommer Vergelijking HPS - LED
Proefperiode	De teelt liep van 6 november 2018 tot 3 april 2019
Contactgegevens	Proefstation voor de Groenteteelt Duffelsesteenweg 101, 2860 Sint-Katelijne-Waver (België) Onderzoeksleider komkommer: Jonas De Win Jonas.de.win@proefstation.be
Project	Dit onderzoek vond plaats binnen het project GLITCH. GLITCH zet in op de ontwikkeling van innovatieve energie-efficiënte en klimaatneutrale teelttechnieken en -systemen in de glastuinbouw. https://glitch-innovatie.eu/
Steunvermelding	Dit onderzoek wordt enerzijds mogelijk gemaakt met de steun van het Interreg V programma Vlaanderen-Nederland, het grensoverschrijdend samenwerkingsprogramma met financiële steun van het Europees Fonds voor Regionale Ontwikkeling. Anderzijds wordt het project ondersteund vanuit het Agentschap Innoveren en Ondernemen (VLAIO), de Provincie Antwerpen, Het Vlaams Kabinet Omgeving, Natuur en landbouw, de provincie Limburg (NL) en het Nederlands Ministerie van Economische zaken.


Interreg

Vlaanderen-Nederland
Europees Fonds voor Regionale Ontwikkeling

 AGENTSCHAP
INNOVEREN &
ONDERNEMEN

Vlaanderen
is ondernemen

**Provincie
Antwerpen**

 Ministerie van Economische Zaken
en Klimaat

 provincie limburg
gesubsidieerd door de Provincie Limburg

Flanders
State of the Art

1. Samenvatting / Abstract

De West-Europese komkommerteelt staat aan de vooravond van de transitie naar een jaarrond teelt door de opstart van een belichte hogedraadteelt. Daarbij staan telers voor een moeilijke keuze om een zo rendabel mogelijk belichtingssysteem te kiezen, waarbij de beslissing moet worden gemaakt tussen het gekende HPS of het energie-efficiëntere LED. Om telers te ondersteunen bij hun keuze, werd een vergelijkende proef opgezet tussen beide assimilatiesystemen. Het toegepaste LED-spectrum was 95% rood en 5% blauw. Er werd belicht aan 20 uur met een intensiteit van 175 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ in de LED-afdeling en 165 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ in de HPS-afdeling.

In deze proef behaalden de planten onder HPS een significant hogere productie dan de planten onder LED; een totale productie van 37 kg vs. 33,6 kg/m². De plantkwaliteit onder HPS was beter, onder LED bleek het gewas gevoeliger voor witziekte en was het blad bekrompen. Vruchtkwaliteit was duidelijk beter onder LED met een aantrekkelijker product en betere houdbaarheid.

Kan het verschil in productie verklaard worden door de gekozen belichtingsystemen? Het lijkt dat het gekozen LED-spectrum onvoldoende is in de donkerste maanden. Vooral het uitgroeien van de vruchten lijkt suboptimaal onder dit spectrum. Het productieverschil werd echter voornamelijk bekomen in de tweede helft van de teelt, bij opkomend licht. Het grootste verschil –naast spectrum– was toen de relatieve vochtigheid in beide afdelingen. Daarmee wordt onderstreept dat belichte teelt van komkommer meer is dan assimilatiebelichting toevoegen, maar een geïntegreerde aanpak vereist.

2. Inhoudstafel

1. Samenvatting / Abstract	3
3. Inleiding	5
4. Proefopzet	6
4.1 Proefbeschrijving	6
4.2 Teeltgegevens	8
4.3 Beoordelingen	10
5. Resultaten en bespreking	11
5.1 Plantontwikkeling	11
5.2 Opbrengst	14
5.3 Vruchtkwaliteit	16
5.4 Energieverbruik en lichtefficiëntie	17
6. Conclusies	18



Interreg



Vlaanderen-Nederland
Europees Fonds voor Regionale Ontwikkeling

AGENTSCHAP
INNOVEREN &
ONDERNEMEN



Vlaanderen
is ondernemen



Provincie
Antwerpen



Ministerie van Economische Zaken
en Klimaat

provincie limburg
gesubsidieerd door de Provincie Limburg



Flanders
State of the Art



3. Inleiding

De West-Europese tomatenproductie heeft de afgelopen decennia een transitie doorgemaakt naar een jaarrond productie met behulp van assimilatiebelichting. In de vooravond van die omslag bij tomaat, voerden PSKW en WUR praktijkonderzoek uit naar het perspectief van assimilatiebelichting in komkommer. Daaruit bleek dat ook in komkommer er een belangrijk potentieel bestond, maar de sector is toen niet gevolgd. In 2017 veranderde dat met de opzet van enkele individuele initiatieven. De omslag lijkt vandaag in een hogere versnelling te komen en daarom is de (her)opstart van belichtingsonderzoek in komkommer essentieel. Door in te zetten op efficiëntere belichtingssystemen zal per geogste kilogram de energievraag dalen, waardoor ook de CO₂-uitstoot wordt gereduceerd. In dat perspectief werd in deze proef een vergelijking opgezet tussen een HPS-belichtingssysteem (High Pressure Sodium-lamp, Son-T) en een LED-belichtingssysteem.



Interreg



Vlaanderen-Nederland
Europees Fonds voor Regionale Ontwikkeling

AGENTSCHAP
INNOVEREN &
ONDERNEMEN



Vlaanderen
is ondernemen



Provincie
Antwerpen



Ministerie van Economische Zaken
en Klimaat

provincie limburg
gesubsidieerd door de Provincie Limburg



Flanders
State of the Art

4. Proefopzet

4.1 Proefbeschrijving

Deze proef werd opgezet om het gekende belichtingssysteem van hogedruk natriumlampen (Son-T, HPS) te vergelijken met een energie-efficiënter systeem, 100% LED-belichting. Voor de proef werden twee kascompartimenten gebruikt, kas 19 en 20, van het Proefstation voor de Groenteteelt. De afmeting van beide kassen is 160 m² (8 m x 20 m), waarbij het nuttige teeltoppervlak telkens 145 m² omvat. De kas bestaat uit vier volwaardige zwevende goten en twee zijgoten, allen van 17,5 meter lengte. De afstand tussen de goten is 1,6 meter. Om randeffecten zoveel mogelijk te beperken, werd de proef uitgevoerd op de vier middelste goten.



Beide kascompartimenten hadden een theoretische lichtintensiteit van 180 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$. Lichtintensiteit werd bepaald aan de kop van de plant, 1,5 meter onder de lampen. Kas 19 werd uitgerust met LED-belichting van Signify. Het spectrum bestond uit 95% rood en 5% blauw. Boven elk rijpad werden 12 lichtbalken opgehangen. De bekomen intensiteit was 175 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$. Kas 20 werd voorzien van een HPS-belichting van Gavita. Per tralie werden 4 lampen voorzien. De werkelijke lichtintensiteit in de proef bedroeg 165 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$. Een verklaring voor dit verschil is waarschijnlijk de ouderdom van de lampen en de beperkte grootte van de proefopstelling.



Interreg



Vlaanderen-Nederland
Europees Fonds voor Regionale Ontwikkeling

AGENTSCHAP
INNOVEREN &
ONDERNEMEN



Vlaanderen
is ondernemen



Provincie
Antwerpen

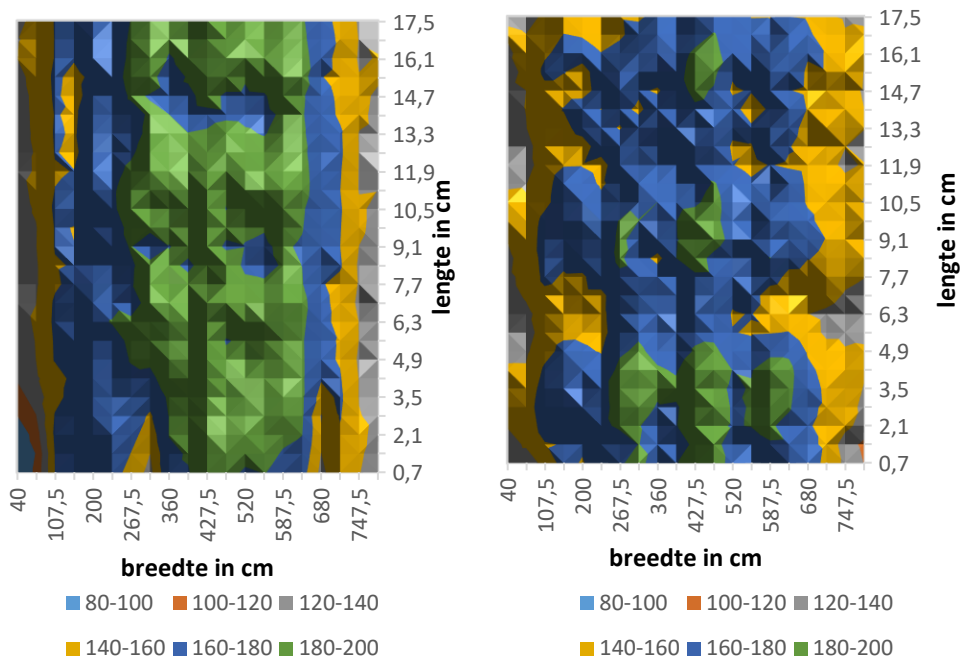


Ministerie van Economische Zaken
en Klimaat

provincie limburg
gesubsidieerd door de Provincie Limburg

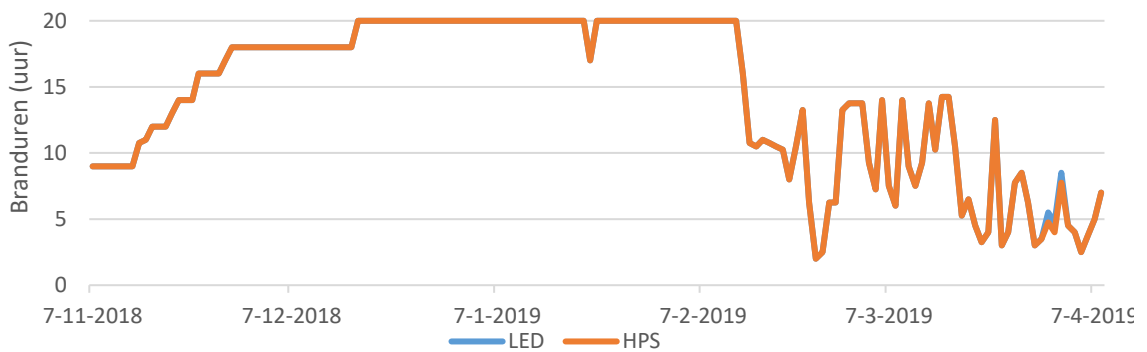


Flanders
State of the Art



Figuur 1: het gemeten lichtniveau 1,5 meter onder de lamp in links Afdeling 19 (LED) en rechts afdeling 20 (HPS).

De assimilatiebelichtingsstrategie was voor de HPS- en LED-afdeling identiek. Er werd gestart met elf uur belichting en het aantal belichtingsuren werd geleidelijk over een periode van twee weken naar twintig uur opgebouwd. Assimilatiebelichting startte geheel op vanaf middernacht. Vanaf 350 W instraling werden de lampen uitgeschakeld. Vanaf 13 februari werden de lampen later 2 uur ingeschakeld, een week later om 4 uur en vanaf 19 maart om 6 uur. In Figuur 2 worden de branduren weergegeven. Enkel eind maart was er een klein verschil in belichtingsduur tussen beide compartimenten, maar voor de proef verwaarloosbaar.



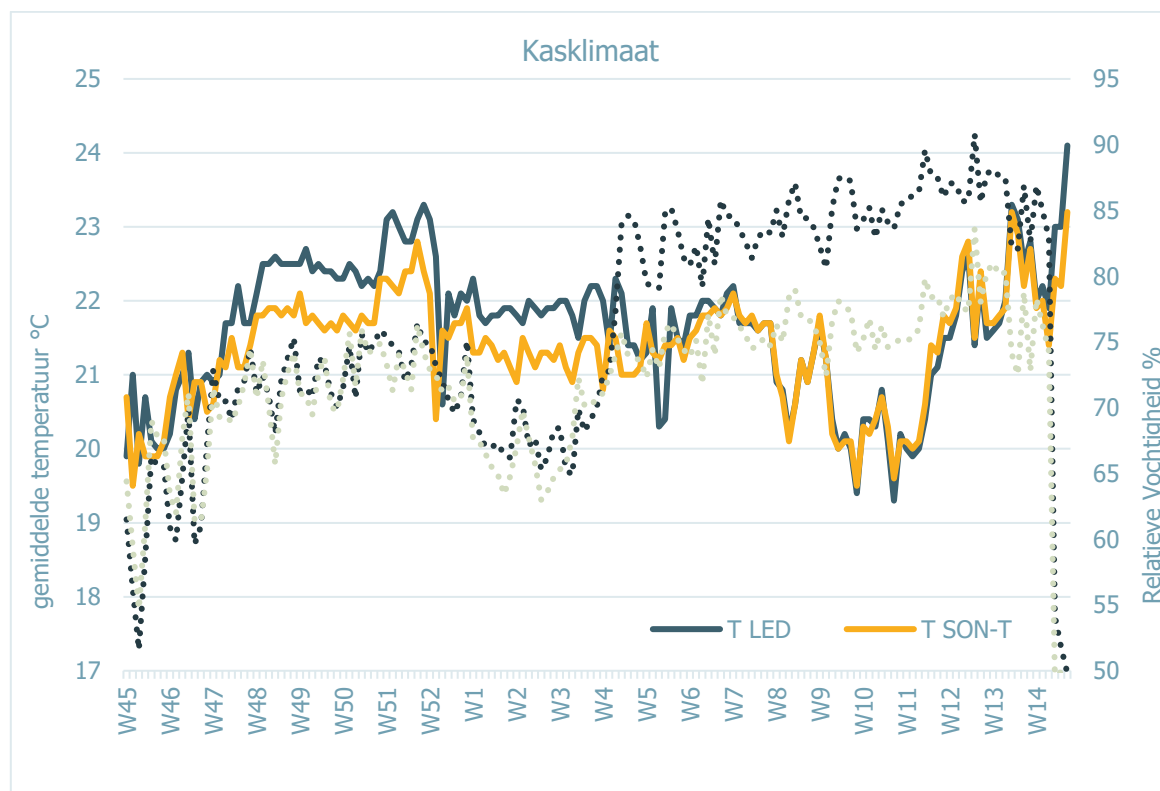
Figuur 2: aantal branduren van de LED- en HPS-belichting



4.2 Teeltgegevens

In deze studie werd het effect van de gekozen belichtingssystemen geëvalueerd op vier commerciële komkommerrassen (*Cucumis sativus*). Het betreft de rassen Hi Power (zaadhuis: Nunhems), Proloog (Rijk Zwaan), Topvision en Toplight (Enza). Hi Power geldt als referentie voor de belichte hogedraadteelt. Proloog is de kwaliteitsreferentie voor rassenproeven onder de Flandria-standaard. Op 6 november 2018 werden de planten opgeplant op steenwolmatten (Grodan), na opkweek door BPK te Duffel, met een plant- en stengeldichtheid van 2,5 planten per m². Tijdens het verloop van de proef werd de densiteit behouden; er werd dus geen extra scheut aangehouden. Om deze densiteit te behalen werden 68 planten per goot aangeplant, met een tussenafstand van 25 cm. Elk ras werd in vier herhalingen aangelegd, random verdeeld over de kas. Per herhaling werden 17 planten geëvalueerd. De proefopzet en verdeling van de velden was bij beide kassen identiek.

De eerste vrucht werd op het zevende blad aangehouden. Vanaf dan zou om-en-om gedund worden tot week 6 (2019). Met het opkomend licht zou vervolgens een zwaarder vruchtbehang worden aangehouden. Doelstelling was om een vrucht van 400 gram te oogsten, de standaard binnen het Flandria-label. Tijdens de donkerste maanden werd een tijd zwaarder gedund (2:5).



Figuur 3: temperatuur en relatieve vochtigheid gemeten in beide afdelingen (19 en 20).

Figuur 3 geeft de gemeten temperatuur en relatieve vochtigheid in beide afdelingen weer. Vanaf 22 november 2018 tot 25 januari 2019 werd in de LED-afdeling 1°C warmer gestookt om het gemis aan stralingswarmte in vergelijking met de HPS te compenseren. Vanaf 25 januari werden het openen van de ramen aan de gemeten temperatuur gekoppeld. Omdat de HPS-afdeling meer

warmteoverschot had, werd er sneller gelucht. Hierdoor trad er een verschil in relatieve vochtigheid op tussen beide afdelingen.

4.3 Beoordelingen

Tijdens dit onderzoek werd de opbrengst, plantontwikkeling, plantkwaliteit, vruchtkwaliteit, kasklimaat, lichtefficiëntie en het energieverbruik opgevolgd en geëvalueerd:

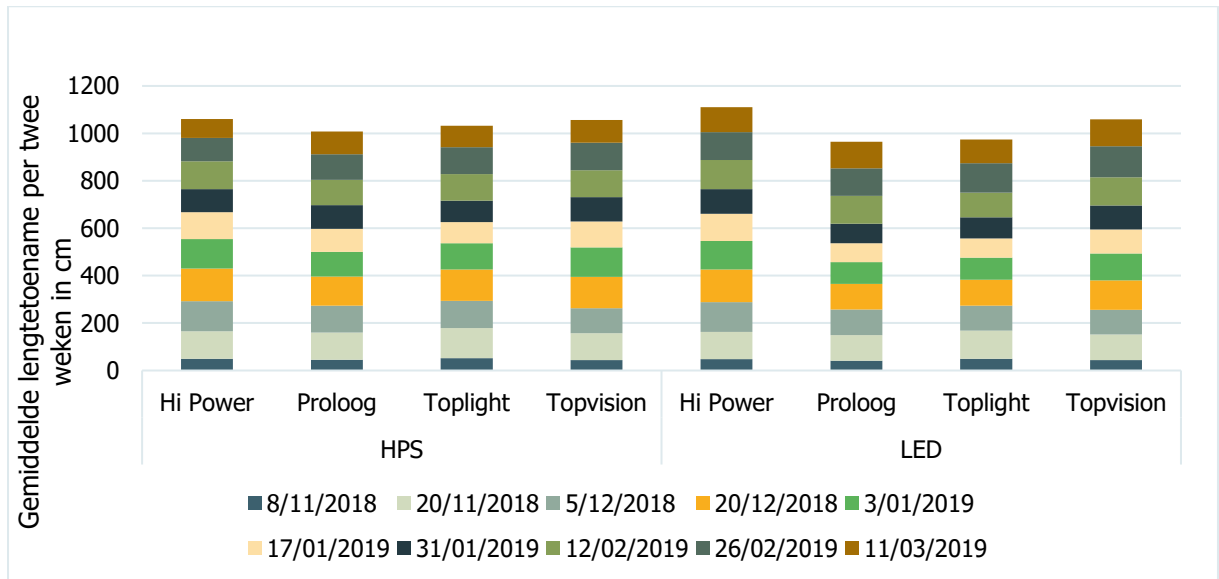
- De **opbrengst** werd minimaal drie maal per week beoordeeld. Per herhaling werden de vruchten gesorteerd, geteld en gewogen per kwaliteitsklasse. Hieruit volgt per oogstdag per veldje het aantal stuks en hun gemiddeld vruchtgewicht per kwaliteitsklasse.
- De **plantontwikkeling** werd tweewekelijks geëvalueerd door het opmeten van lengtegroei, bladafsplitsing en bladgrootte.
- De **plantkwaliteit** werd maandelijks geëvalueerd door een beoordeling van de groeikracht, de vruchtopvolging, de vruchtzetting en de witziekteaantasting.
- Het **vruchtkwaliteit** werd vijfmaal beoordeeld gedurende de proef. Per beoordeling werden 12 vruchten uit de gewichtsklasse +400 geselecteerd. De vruchten werden beoordeeld na oogst en na een bewaring van zeven dagen aan 18 °C. Na oogst werd elke vrucht beoordeeld op kleur, stekeligheid, nek, punt, rib, vorm en algemeen. Na bewaring werd elke vrucht beoordeeld op kleur, stevigheid, ouderdomsvlekken, nek, punt en algemeen.
- Het **kasklimaat** werd gemonitord om de effecten van de gekozen lichtbronnen op temperatuur en luchtvochtigheid te evalueren.
- De **lichtefficiëntie** is geëvalueerd aan de hand van het totaal aangeboden licht en de bekomen productie.
- Het **energieverbruik** is in samenwerking met Thomas More Hogeschool in kaart gebracht. Daarvoor werden alle energiestromen geïnventariseerd, opgemeten en gemodelleerd. Deze uitgebreide rapportage van het energieverbruik valt buiten dit verslag.



5. Resultaten en bespreking

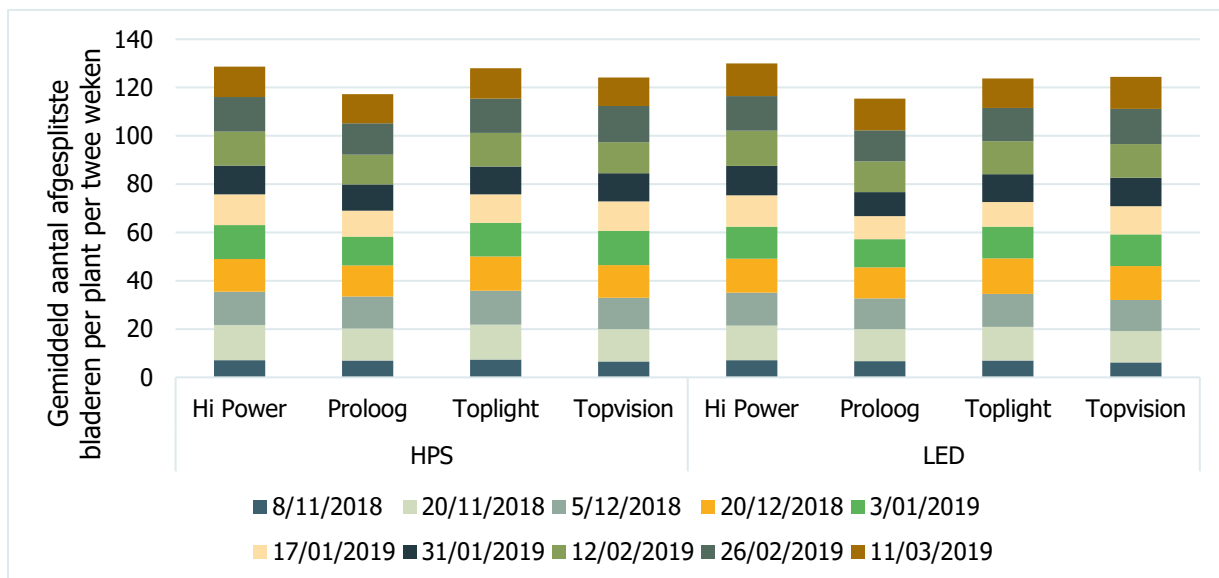
5.1 Plantontwikkeling

Het effect van de verschillende belichtingstypen op de plantkwaliteit werd tijdens de duur van de proef continu beoordeeld. In Figuur 4 wordt de tweewekelijkse lengtetoeename van de stengel weergegeven. De langste planten werden gemiddeld 1062 cm na 125 dagen (Hi Power onder LED) teelt en een startgrootte van net geen 50 cm; een gemiddelde lengtetoeename van 8,1 cm per dag. Figuur 5 geeft de tweewekelijkse totale bladafplitsing weer. Deze ligt gemiddeld tussen 5,75 bladeren (Proloog LED) en 6,53 (Hi Power LED). Tot slot geeft Figuur 6 het gemiddeld bladoppervlak over de gehele periode.

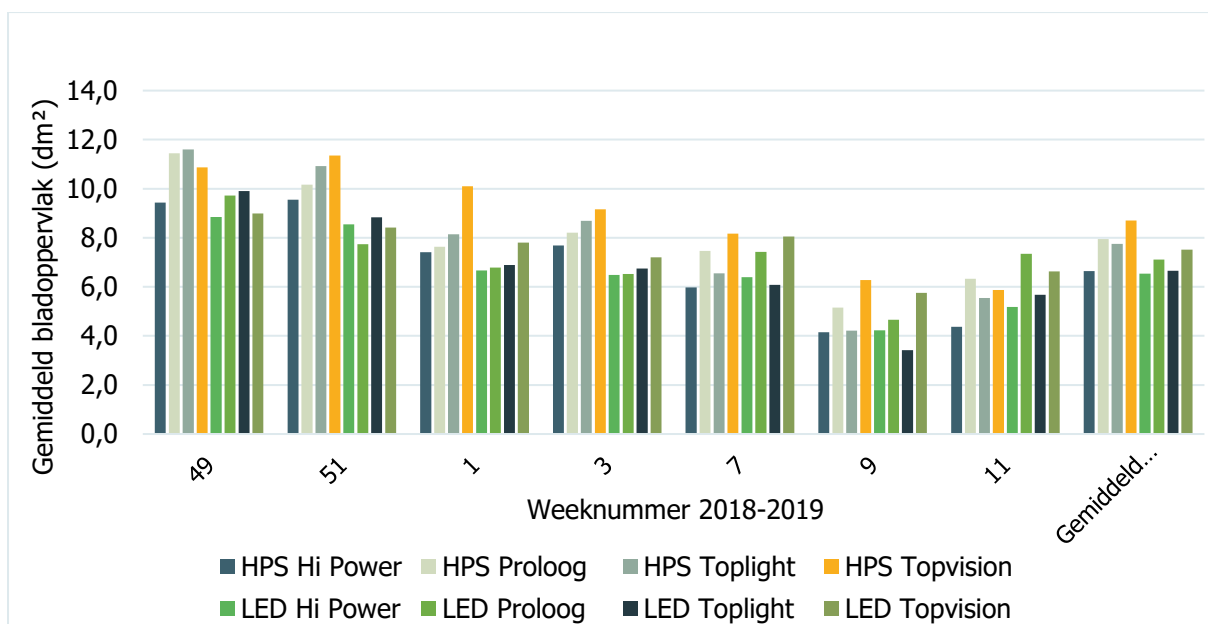


Figuur 4: Gemiddelde lengtetoeename van de stengel in cm per ras en per belichtingstype per twee weken.

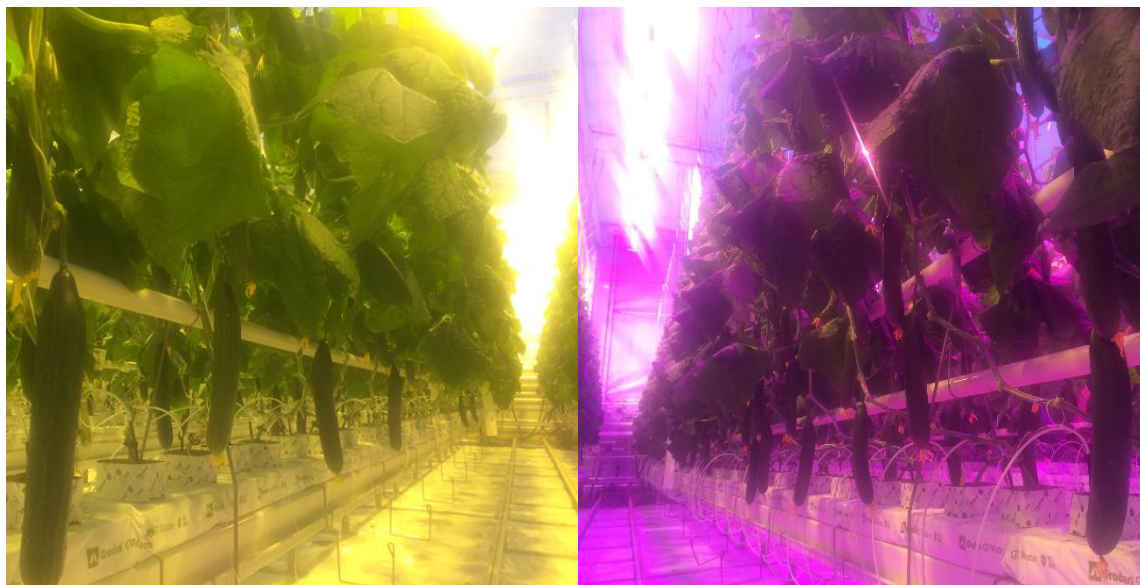




Figuur 5: Gemiddelde aantal afgesplitste bladeren per plant per ras en per belichtingssysteem per twee weken.



Figuur 6: Gemiddeld bladoppervlak van elk ras per tweewekelijks meetmoment, waarbij bladoppervlak gelijk is aan het bladlengte x bladbreedte, abstractie makend van bladvorm.



Figuur 7: Beeld van de HPS-afdeling (links) en de LED-afdeling (rechts) net voor de eerste oogst op 6 december 2018. De eerste vrucht werd simultaan onder beide belichtingssystemen gevormd, maar daarna bleek de opvolging onder LED minder goed, voornamelijk doordat vruchten stokten met uitgroeien.

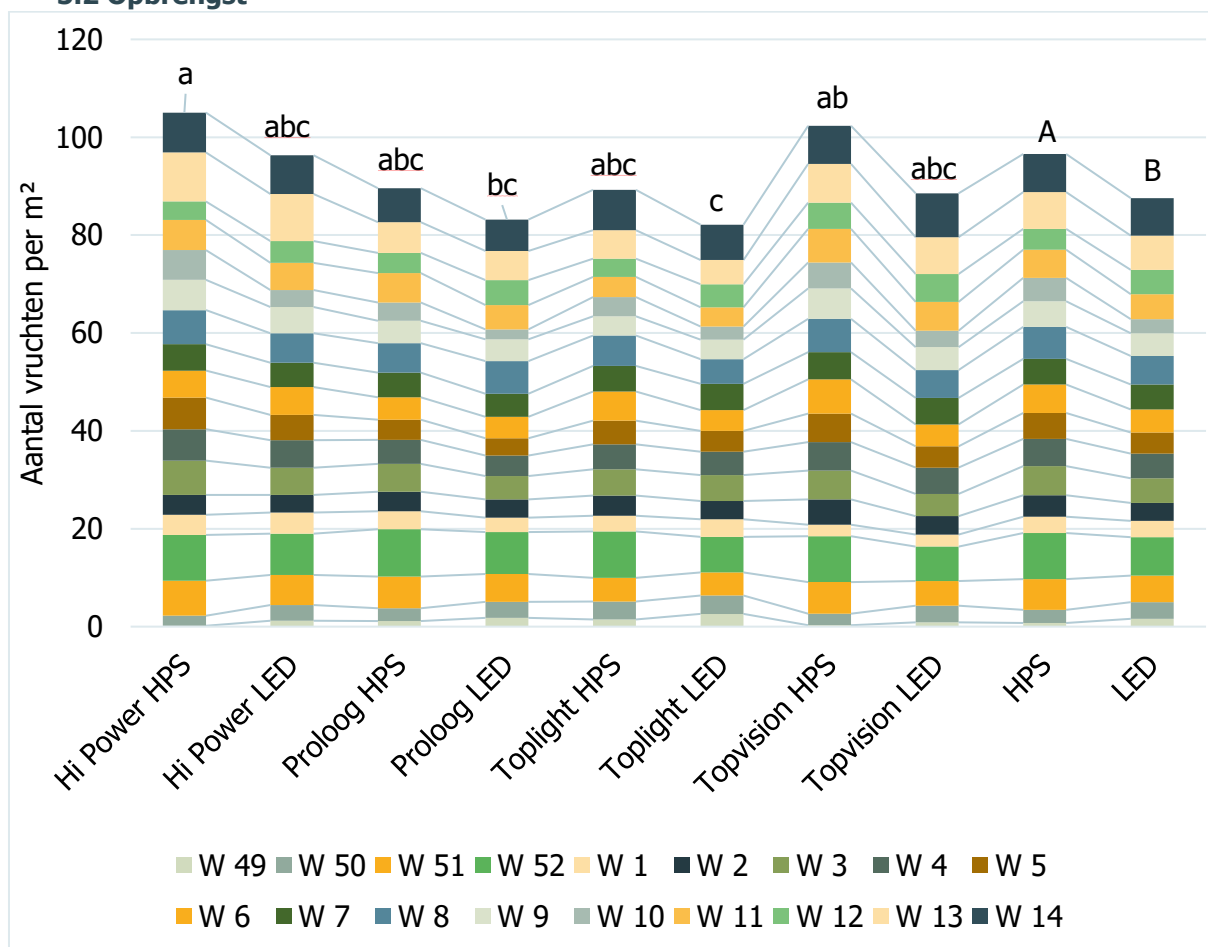
Tabel 1 geeft de plantkwaliteit van beide afdelingen weer. De scores zijn een gemiddelde over de geteste rassen en over de hele periode. Planten onder HPS waren groeikrachtiger, voornamelijk tijdens de maanden januari, februari en maart. De parameters vruchtopvolging, aantal vruchten per oksel en witziekte gaven vooral rasverschillen. Er was wel beduidend meer witziekte in de LED-afdeling dan in de HPS-afdeling en dit over de gehele teelt.

*Tabel 1: beoordeling van de plantkwaliteit. Dit is een gemiddelde over alle beoordeelde rassen per afdeling en over de gehele proef. Per ras werden twee planten per herhaling geëvalueerd en dit eenmaal per maand. Parameters met een * zijn niet-normaal verdeeld. Waarden met een zelfde letter zijn niet-significant verschillend.*

afdeling	groeikracht		opvolging*		vruchten*	witziekte	
HPS	6,43	a	0,75		1,26	8,10	a
LED	6,02	b	0,74		1,20	7,74	b
	1	= slecht	0	= slecht		1	= volledig wit
	9	= goed	1	= goed		9	= afwezig

Tijdens heel de proef werd er een verschil opgemerkt in plantgroei tussen beide afdelingen. Terwijl de planten onder HPS een gezond en open gewas hadden, waren de planten onder LED eerder gedrongen. Het blad onder HPS was groter en had een normale bladstand. Onder LED vertoonden bladeren een "paraplustand": de bladuiteinden werden naar onder getrokken.

5.2 Opbrengst



Figuur 8: aantal geoogste vruchten per week per ras en per behandeling. De HPS en LED zijn een gemiddelde van de behandelingen van de verschillende rassen. Waarden met een zelfde letter zijn niet significant verschillend.

In Figuur 8 wordt de opbrengst in aantal vruchten per m² (of per 2,5 planten) weergegeven per ras en per behandeling. Er is geen interactie tussen ras en behandeling. De gemiddelde opbrengst onder HPS was wel significant hoger dan onder LED. Gemiddeld haalde Hi Power ook een betere opbrengst dan Proloog en Toplight, los van het belichtingssysteem. Bij de producties per ras en per behandeling leverden Hi Power en Topvision onder HPS een hoger aantal vruchten op dan Toplight onder LED. Hi Power onder HPS was ook productiever dan Proloog onder LED.

De opbrengst in kilo is ook significant hoger onder HPS dan onder LED (*Tabel 2*). Er is hier ook geen interactie tussen ras en belichtingssysteem en er is geen verschil waar te nemen tussen rassen en ras per belichtingssysteem. Dit valt te verklaren doordat sommige rassen een hoger vruchtgewicht afleveren, waardoor het lager aantal stuks wordt gecompenseerd. Het gemiddeld vruchtgewicht tussen de behandelingen was bijna identiek. Wel werd daar een rasverschil waargenomen. Er werd geen interactie tussen ras en behandeling waargenomen.



Interreg



Vlaanderen-Nederland
Europees Fonds voor Regionale Ontwikkeling

AGENTSCHAP
INNOVEREN &
ONDERNEMEN



Vlaanderen
is ondernemen



Provincie
Antwerpen



Ministerie van Economische Zaken
en Klimaat

provincie limburg
gesubsidieerd door de Provincie Limburg

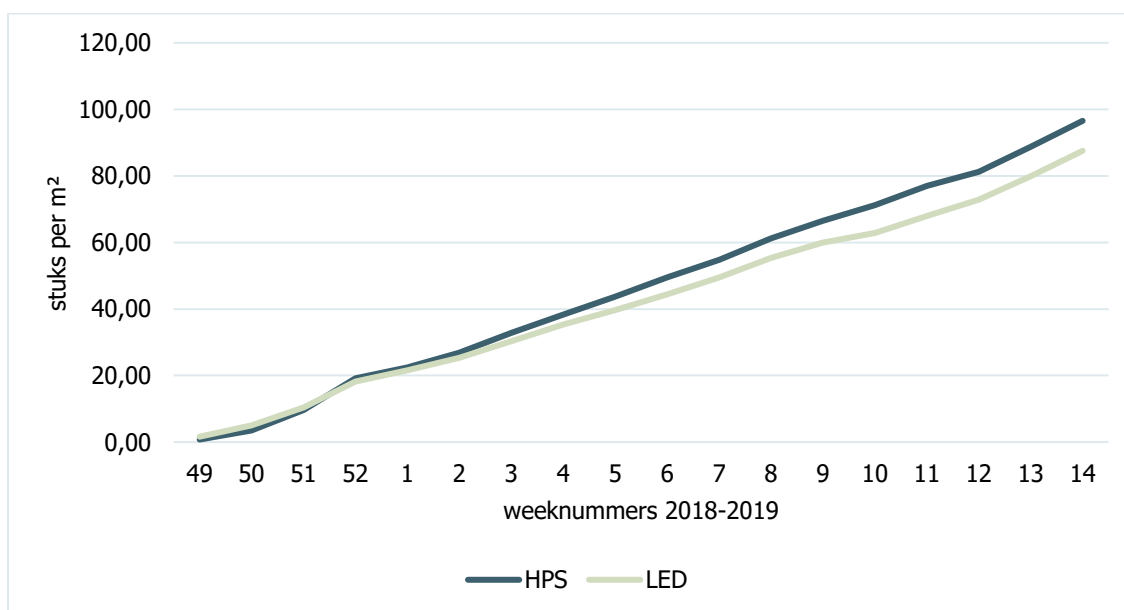


Flanders
State of the Art

Tabel 2: Opbrengst, aantal vruchten en gemiddeld vruchtgewicht per ras en per behandeling. Waarden met een zelfde letter zijn niet significant verschillend.

Ras	Opbrengst (kg/m ²)		Relatieve opbrengst t.o.v. Hi Power HPS (%)	Aantal vruchten (#/m ²)		Relatief aantal vruchten t.o.v. Hi Power HPS (%)	Gemiddeld vruchtgewicht (g)
Hi Power HPS	38,1		100	105,1	a	100	363
Proloog HPS	35,2		92	89,6	abc	85	393
Toplight HPS	35,4		93	89,3	abc	85	396
Topvision HPS	39,3		103	102,4	bc	97	384
Hi Power LED	35,3		93	96,3	abc	92	366
Proloog LED	32,9		86	83,2	c	79	395
Toplight LED	32,7		86	82,2	ab	78	398
Topvision LED	33,7		89	88,6	abc	84	380
HPS	37,0	A	97	96,6	A	92	384
LED	33,6	B	88	87,6	B	83	385

In Figuur 9 en Figuur 10 wordt het productieverloop van beide afdelingen weergegeven. De eerste komkommers kwamen er iets sneller af onder LED, daarna was het productieverloop enkele weken vrij gelijk. Het productieverval werd pas opgebouwd na de jaarwisseling en valt samen met de verlaging van de temperatuur in de LED-afdeling en de opstart van een verschillend luchttingsregime.



Figuur 9: cumulatieve aantal vruchten per m². Gemiddelde productie over de vier rassen per afdeling.



Interreg



Vlaanderen-Nederland
Europees Fonds voor Regionale Ontwikkeling

AGENTSCHAP
INNOVEREN &
ONDERNEMEN



Vlaanderen
is ondernemen



Provincie
Antwerpen

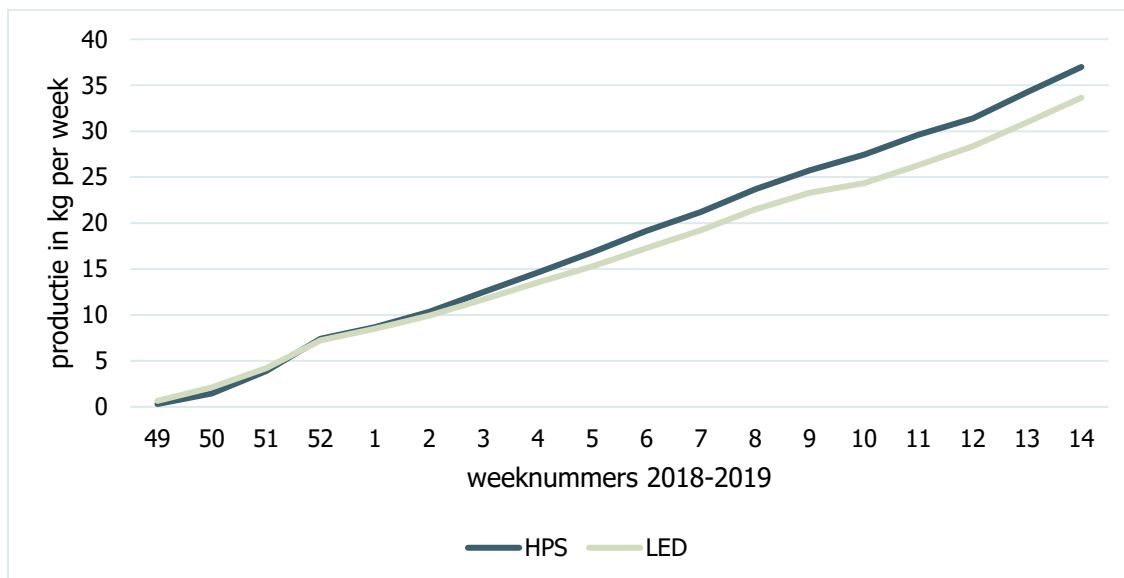


Ministerie van Economische Zaken
en Klimaat

provincie limburg
gesubsidieerd door de Provincie Limburg



Flanders
State of the Art



Figuur 10: cumulatieve productie in kilogram. Gemiddelde productie over de vier rassen per afdeling.

5.3 Vruchtkwaliteit

De verschillen in kwaliteit werden vooral tussen de rassen onderling bekomen. De raskwaliteit wordt hier niet besproken, omdat deze onderdeel is van het LAVA-segmentatieonderzoek. Wel worden de verschillen op de algemene kwaliteit tussen beide afdelingen hieronder toegelicht. De beoordelingen van de vruchten gebeurde tijdens vier evaluatiemomenten verdeeld over de proefperiode. In totaal werden 364 vruchten afzonderlijk voor en na bewaring geëvalueerd. De resultaten staan in Tabel 3 en Tabel 4.

Tabel 3: beoordeling van vruchten na oogst. Er wordt een score van 1 tot 9 gegeven waarbij 1 = slecht en 9 = uitstekend. Waarden met een zelfde letter zijn niet significant verschillend. Parameters met een * zijn niet-normaal verdeeld.

afdeling	kleur		vorm*		stekeligheid		nek*		punt*		alg. oordeel	
HPS	7,79	b	7,85		8,54	a	8,05		8,27		7,99	b
LED	8,07	a	7,98		8,26	b	7,93		8,28		8,15	a

Tabel 4: beoordeling van vruchten na bewaring. Er wordt een score van 1 tot 9 gegeven waarbij 1 = slecht en 9 = uitstekend. Waarden met een zelfde letter zijn niet significant verschillend. Parameters met een * zijn niet-normaal verdeeld.

afdeling	kleur		stevigheid*		ouderdoms- vlekken		nek*		punt		alg. oordeel	
HPS	7,16	b	7,91		7,59	b	7,84		7,17	b	7,30	b
LED	7,36	a	7,92		8,09	a	7,74		7,54	a	7,66	a

LED-belichting –of toch het toegepaste spectrum- lijkt een positieve bijdrage te geven aan de kleur van de komkommers. Zo werd er na oogst geen significant verschil tussen de rassen geregistreerd,

maar was die er wel tussen de belichtingssystemen, waarbij komkommers uit de LED-afdeling gedurende het seizoen systematisch een hogere score kregen. Ook na bewaring behielden vruchten uit de LED-afdeling beter hun kleur. Daarbij was de lagere score voor de punt na bewaring voor komkommers uit de HPS-afdeling vooral te wijten aan een versneld kleurverlies.

Opvallend is dat komkommers uit de LED-afdeling minder gevoelig waren aan ouderdomsvlekken dan de komkommers onder HPS. Doordat komkommers onder LED een mindere vruchtopvolging hadden, vaak stapelden, zou er verwacht kunnen worden dat het omgekeerde is gebeurd.

5.4 Energieverbruik en lichtefficiëntie

In totaal hebben de HPS-lampen 2218 uren en de LED-lampen 2220 uren gebrand. De twee uur verschil werd bekomen in de laatste week. Kostprijs energie werd berekend aan 0,05 euro/kWh. In Tabel 5 Tabel 6 worden de verbruiken vergeleken en afgezet tegen de bekomen productie.

Tabel 5: Branduren en energieverbruik van beide belichtingssystemen

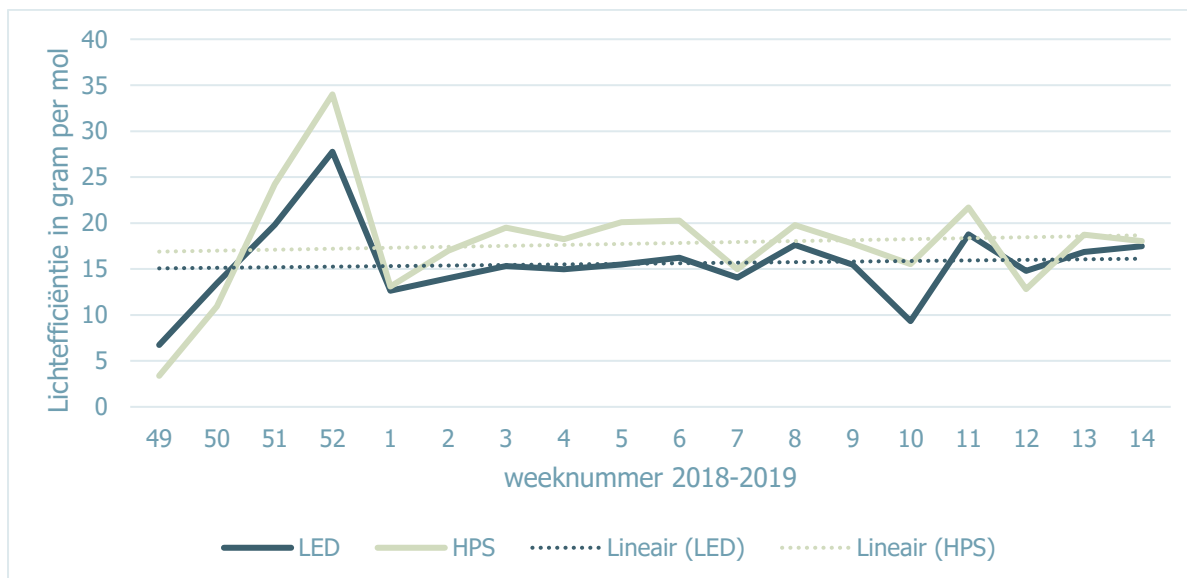
	HPS		LED	
Branduren	2218	uur	2220	uur
Vermogen	100	W/m ²	63	W/m ²
Verbruik	222	kWh/m ²	140	kWh/m ²
Verbruik relatief	100	%	63,1	%
Kostprijs verbruik	11,1	€/m ²	7,0	€/m ²

Tabel 6: Totale productie van Hi Power vergeleken onder beide belichtingssystemen

	HPS		LED	
Productie in kg	38,1	kg/m ²	35,3	kg/m ²
Energieverbruik	5,82	kWh/kg	3,96	kWh/kg
E.verbruik relatief	100	%	68,1	%
Productie in stuks	105	stuks/m ²	96	stuks/m ²
Energieverbruik	2,11	kWh/stuks	1,45	kWh/stuks
E.verbruik relatief	100	%	69,0	%

Het belichtingssysteem LED is qua energieverbruik voor het belichten van de plant efficiënter. Voor een zelfde verbruik zou men het lichtniveau kunnen verhogen voor HPS. Dit staat los van andere energiestromen. Het totale energieverbruik van beide compartimenten werd besproken in het artikel 'Convex parameter estimator for grey-box models, applied to characterise heat flows in greenhouses' van De Ridder *et al.* (2019) en worden daarom hier niet verder besproken.

In *Figuur 11* wordt de lichtefficiëntie weergegeven. Deze is indicatief en werd berekend per oogstweek door de totale opbrengst in kilogram te delen door het totaal aangeboden licht, zowel natuurlijke instraling als de artificiële belichting. De piek in week 52 is het gevolg van het weghalen van opgestapelde vruchten. Een streefcijfer voor komkommer is 22 à 23 gram per mol, maar deze werd niet gehaald. Vanaf week 50 (eerste volle oogstweek) was er een gemiddelde efficiëntie van 16,11 bij LED ten opzichte van 18,63 bij HPS. Anders gesteld, de planten onder HPS gingen in deze proef 15,6% efficiënter om met het aangeboden lichtniveau.



Figuur 11: indicatieve lichtefficiëntie berekend op de gemiddelde opbrengst per week per aangeboden mol PAR-licht van die week.

In die periode werden ongeveer 2100 mol aan de komkommers aangeboden, waardoor de te verwachten opbrengst rond 47 kg zou moeten liggen als het efficiëntiedoel werd behaald. Dit wil zeggen dat de HPS-afdeling 20% onder het potentieel bleef, bij de planten in de LED-afdeling is het verschil zelfs nog groter.

6. Conclusies

Met deze proef wilden we de belichtingsystemen HPS en LED met elkaar vergelijken. We wilden nagaan wat het effect was op productie, maar ook op plant- en vruchtkwaliteit. De conclusie op vlak van productie is duidelijk: in de HPS-afdeling behaalde de rassen gemiddeld meer productie dan in de LED-afdeling, zowel in kilo's als in stuks. Dit ondanks dat er in de LED-afdeling 6% meer licht werd gegeven. De belangrijkste vraag is of de hogere productie een gevolg is van het gebruikte spectrum.

Temperatuur en vochthuishouden

HPS-armaturen geven ongeveer dubbel zoveel stralingswarmte af dan LED-armaturen. De kop van de plant ontvangt die warmte, waardoor groei wordt gestimuleerd. Het kan verklaren waarom de eerste vruchten bij de planten onder LED er sneller afkwamen, maar de opvolging nadien stokte in vergelijking met de HPS-afdeling. Op dat moment werd de 2^e groeibuis naar de top van de plant gebracht en werd de temperatuur een graad warmer gestookt. Toch werd het verschil in productie vooral in het tweede deel van de teelt gemaakt, net wanneer relatieve vochtigheid tussen beide afdelingen begint te verschillen. Het is daar dat de radiale warmte van HPS een dubbel voordeel gaf aan de planten: 1) doordat de afdeling sneller opwarmde, werd er meer gelucht en overtollig vocht verwijderd en 2) een hogere kasttemperatuur zal de relatieve vochtigheid doen dalen, waardoor er meer ruimte is voor een actieve plantgroei. Een vergelijking tussen HPS en LED mondt dan al snel uit in een vergelijking tussen twee klimaatomstandigheden én laat daardoor het potentieel van LED dan onderbelicht.



Interreg



Vlaanderen-Nederland
Europees Fonds voor Regionale Ontwikkeling

AGENTSCHAP
INNOVEREN &
ONDERNEMEN



Vlaanderen
is ondernemen



Provincie
Antwerpen



Ministerie van Economische Zaken
en Klimaat

provincie limburg
gesubsidieerd door de Provincie Limburg



Flanders
State of the Art



Plantkwaliteit

De plantgroei onder beide belichtingssystemen was verschillend. Onder HPS toonden de planten een meer natuurlijke, gezonde groeikracht met een open gewas. Onder LED was er een meer gesloten gewas, waarbij het blad zich naar onderen dichttrok. Daardoor werd het bruikbare bladoppervlak voor lichtonderschepping bij LED sterk gereduceerd ten opzichte van de planten bij HPS. Onder LED werd meer witziekte geconstateerd tijdens de gehele teelt. Er is nog onvoldoende kennis over de invloed van spectra op ziekten en plagen, al kan de verklaring hier zijn dat de planten in de LED-afdeling meer onderhevig waren aan stress.

Belang van goede plant- en vruchtopvolging

Het beoogde vruchtgewicht was bij aanvang van de proef +400 gram, de Belgische kwaliteitsstandaard. Al vrij vlug bleek dat vruchten onvoldoende uitgroeiden en vooral bij LED begonnen vruchten te stapelen aan de plant. Planten geraakten uit balans en vertoonden abortie of werden selectief in het verder laten uitgroeien van vruchten. Op bepaalde momenten tijdens de proef werd daarom besloten om het vruchtbehang te corrigeren. Bij een belichte teelt van komkommer in een goede plantopvolging essentieel en worden onevenwichten betaald in een verlaagde opbrengst.

Bij 180 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ aan 20 uur belichting ontvangen de planten 13 mol artificieel licht per dag. Bij een natuurlijke instraling van 3,4 mol (vijfjarig gemiddelde voor december-januari in Sint-Katelijne-Waver bij 70% lichttransmissie) zou er dagelijks 369 g/m² vruchtgewicht kunnen bekomen worden of wekelijks 2583 gram. Dit komt neer op een vrucht per dag per m² of 7,5 vruchten per week aan 350 gram. Dat wil zeggen dat we bij een om-en-om-dunningsstrategie 15 bladeren nodig hebben, en dus moeten we bij 2,5 planten per m² streven naar 6 bladeren per week. Bij open bloem op het zesde of zevende blad onder de kop, wil dit in de praktijk zeggen dat er in die periode maximaal zes à zeven vruchten aan de plant mogen hangen. Deze krijtlijnen volgen zou de teelt meer in evenwicht moeten houden, waardoor de opbrengst hoger zal zijn.

Belang van spectrum

Het volle spectrum van HPS werd hier vergeleken met het rood-blauwe spectrum van LED. De invloed van beide spectra is in deze proef moeilijk te bepalen. Wel lijkt het rood-blauwe spectrum onvoldoende voor de komkommerteelt tijdens de donkerste maanden. In die periode lijken vruchten onder HPS sneller uit te groeien tot het gewenste oogstgewicht. Uit de kennis van vandaag lijkt verrood onmisbaar in het LED-spectrum om vruchten tijdig op het oogstgewicht te krijgen en hogere producties te bekomen. Het toegepaste LED-spectrum lijkt bij toenemend natuurlijk licht wel voldoende, waar het dan eerder aanvullend werkt en waar het rode licht optimaal wordt omgezet in productie.

Vruchten uit de LED-afdeling bleken aantrekkelijker en hadden een betere houdbaarheid. Om voor de consument het verschil te maken met geïmporteerde komkommers, lijkt LED-belichting op dat vlak ook meer potentieel te bieden tijdens de wintermaanden.

Algemeen kan gesteld worden dat de opstart van een belichte teelt komkommer meer is dan een extra parameter ('assimilatiebelichting'), én dus een geïntegreerde aanpak vereist, waarbij plantbalans en vochthuishouden van uitermate belang zijn.



De totale energiestromen van deze proef worden besproken in:

De Ridder, F., van Roy, J., Vanlommel, W., Van Calenberge, B., Vliex, M., Win, J., De Schutter, B. Binnemans, S. & De Pauw, M. (2020). Convex parameter estimator for grey-box models, applied to characterise heat flows in greenhouses-NC-ND license. Biosystems Engineering. 191. 13-26. 10.1016/j.biosystemseng.2019.12.009.

