



Jaarrond duurzame en intensieve aardbeienteelt met minder stroom

Deskstudie naar mogelijkheden besparing op elektriciteit

Jan Janse

Rapport GTB-1397



WAGENINGEN UR
For quality of life



Ministerie van Economische Zaken

Stichting
Programmafonds
Glastuinbouw



Referaat

In een deskstudie is nagegaan of er in de belichte aardbeienteelt mogelijkheden zijn om het elektriciteitsverbruik fors te verminderen.

Als stuurlicht kunnen prima speciale energiezuinige ledlampen worden gebruikt. Door SON-T groeilichtlampen te vervangen door de nieuwste leds met een energie-efficiëntie van 2.7 $\mu\text{mol/W}$, kan het stroomverbruik nu al met ruim 30% naar beneden. Het lijkt mogelijk om bij aardbei dit verbruik met nog minstens 10% te reduceren door te telen in een kas met een hoge lichttransmissie in de wintermaanden en meer afgestemd op de groeistadia te belichten. De lichtkleur heeft effect op de groei, productie en kwaliteit van de aardbei. Veel rood licht bevordert de productie en blauw licht het suiker- en vitamine C-gehalte.

De licht- en energie-efficiëntie kan verder worden verhoogd door een betere ruimtebenutting en de blad/vruchtverhouding te beperken. Besparing op gas is mogelijk door het gebruik van de minimumbuis te minimaliseren en bij koude meer te schermen. Het voorkomen van schimmelziektes en behoud van kwaliteit vergen hierbij speciale aandacht.

Abstract

The opportunities to significantly reduce the electricity consumption in an illuminated strawberry cultivation has been analysed in a desk study. Special energy-efficient LED lamps can be used to steer plant growth and development. By replacing HPS-lamps by the latest LEDs with an energy efficiency of 2.7 $\mu\text{mol/W}$, the power consumption can be reduced by more than 30%. It seems possible to reduce this consumption in illuminated strawberries by another 10% in a greenhouse with high light transmission in the winter months and using artificial lighting more in relation to different growth stages. Light colour (spectrum) affects the growth, production and quality of strawberries. A high amount of red light stimulates production and blue light enhances the sugar and vitamin C content.

The light and energy consumption can be further decreased by improved space utilization and by reducing the leaf/fruit ratio. Gas savings are possible by minimizing the use of the minimum heating pipe and closing the energy screen during cold weather. However, this requires special attention with respect to the prevention of fungal diseases and maintaining fruit quality.

Dit project is mede tot stand gekomen door de bijdrage vanuit het programma Kas als Energiebron, het innovatie- en actieprogramma van het ministerie van Economische Zaken en LTO Glaskracht Nederland en mede gefinancierd door de Stichting Programmafonds Glastuinbouw.

Rapportgegevens

Rapport GTB-1397

Projectnummer: 3742030732

PGN nummer: E15007

Disclaimer

© 2016 Wageningen UR Glastuinbouw (instituut binnen de rechtspersoon Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek), Postbus 20, 2665 MV Bleiswijk, Violierenweg 1, 2665 MV Bleiswijk, T 0317 48 56 06, F 010 522 51 93, E glastuinbouw@wur.nl, www.wageningenUR.nl/glastuinbouw. Wageningen UR Glastuinbouw.

Wageningen UR Glastuinbouw aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Adresgegevens

Wageningen UR Glastuinbouw

Postbus 20, 2665 ZG Bleiswijk

Violierenweg 1, 2665 MV Bleiswijk

T +31 (0)317 48 56 06

F +31 (0)10 522 51 93

Inhoud

	Samenvatting	5
1	Inleiding	7
2	Resultaten	9
	2.1 Meer natuurlijk licht in de kas	9
	2.2 Meer molen uit een kWh	10
	2.3 Meer onderschepping molen door het gewas	12
	2.4 Meer assimilaten uit de onderschepte molen	15
	2.5 Meer assimilaten naar vruchten	16
3	Discussie	19
	Literatuur	23

Samenvatting

In een deskstudie is nagegaan of er in de belichte aardbeienteelt mogelijkheden zijn om het elektriciteitsverbruik fors te verminderen.

De aardbei is een lichtgevoelig gewas. Het is daarom belangrijk dat er ook in de winter zoveel mogelijk licht in de kas komt, zodat het minder snel noodzakelijk is om te belichten. Uit de literatuur komt naar voren dat minder licht veelal een lagere productie en/of mindere vruchtkwaliteit betekent. Er zijn echter aanwijzingen gevonden dat een langere belichtingsduur dan 12 uur met een erg hoge lichtintensiteit, de productie kan verlagen. In een ander onderzoek was de productie bij een dagelijkse lichthoeveelheid van 9 mol/m² hoger dan bij 6 en 12 mol/m². Voor een goede inwendige kwaliteit mag de hoeveelheid licht niet te laag zijn.

De lichtkleur heeft invloed op de groei, productie en kwaliteit van de aardbei. Rood licht is positief voor de productie; blauw licht bevordert het suiker- en vitamine C-gehalte. Bij aardbei wordt in de doorteelt gebruik gemaakt van stuurlicht door 's nachts te belichten met lampen die vooral verrood licht uitzenden. Dit wordt gedaan om het tekort aan koude te compenseren. Energiezuinige leds kunnen de nog veel gebruikte energie-inefficiënte gloeilampen prima vervangen.

Aardbeien kunnen goed met led-groeilicht worden geteeld, maar vooralsnog ontbreekt een echte vergelijking met SON-T lampen. Er kan hierbij met een laag aandeel blauw licht worden volstaan. Rood licht heeft de hoogste energie- en fotosynthese-efficiëntie. Bij de nieuwste ledlampen met een energie-efficiëntie van 2.7 µmol/W, is het stroomverbruik ruim 30% lager dan bij SON-T lampen. Een groot voordeel voor aardbei is de lagere warmteproductie van leds. Het moet mogelijk zijn om dit verbruik met nog minstens 10% te reduceren door te telen in een kas met een hoge lichttransmissie in de wintermaanden en door meer afhankelijk van de groeistadia te belichten. Voor dit laatste moeten er nog meer data worden verzameld.

Via een betere ruimtebenutting kunnen er bij aardbei nog slagen gemaakt worden om het licht beter op te vangen en daarmee de energie-efficiëntie te verhogen. Dit kan door een 'verlengde' opkweek en door meer goten naast of eventueel deels boven elkaar in de kas te plaatsen, maar de vruchtkwaliteit mag hierdoor niet achteruitgaan en de productievoordelen moeten opwegen tegen de kosten. De lichtopvang hangt ook af van de mate van diffusiteit van het licht, bladhoeveelheid en openheid van het gewas. Het valt te overwegen om evenals bij tomaat ook bij aardbei proefsgewijs in bepaalde stadia jong blad weg te nemen.

Om veel elektrische energie te besparen, zal onderzoek zich met name moeten richten op het effect van zo energiezuinig mogelijke leds met zeer veel of alleen rood licht en mede aan de hand van fotosynthesemetingen trachten de belichtingsduur en intensiteit per groeistadium te optimaliseren.

Omdat telers en adviseurs momenteel huiverig zijn om het gebruik van de minimumbuis te beperken en meer te schermen, zou het zinvol zijn om het gebruik van de minimumbuis en het energiescherm in onderzoek onder de loep te nemen.

1 Inleiding

Met een areaal in 2015 van rond de 300 ha is de aardbei onder glas de laatste jaren een belangrijke teelt in Nederland geworden. Daarnaast wordt er nog op ca. 50 ha in tunnels geteeld. Op dit moment wordt op ca. 85% van het glasareaal een onbelichte doorteelt toegepast. Hierbij wordt rond half augustus geplant en de oogst loopt dan van circa eind september tot eind december en vervolgens van circa half april tot eind mei. Mede afhankelijk van het teeltjaar ligt het gasverbruik tussen de 12 tot 18 m³/m² per jaar. De verwachting is dat er de komende jaren steeds meer vollegrondstellers vanuit de traditionele buitenteelt over zullen gaan naar bedekte teelten, waarvan deels onder glas. Een grote landelijke supermarktketen wil zelfs in 2018 geheel overschakelen op inkoop van aardbeien uit bedekte teelten. Glasaardbeien worden beter betaald, terwijl de teelt veel minder kwetsbaar is voor extreme weersinvloeden. In Engeland zou in 2016 zelfs geen enkele supermarkt vollegronds aardbeien uit Noord-Europese landen meer willen aanbieden. Er mag dus verwacht worden dat deze ontwikkeling naar bedekte teelten zich de komende jaren doorzet.

Belichting

In de winter en vroege voorjaarsmaanden komen de meeste aardbeien uit Spanje. Maar vooral als gevolg van de gebruikte rassen, zijn deze vruchten slecht van smaak. Er is in deze periode dan ook ruimte voor kwalitatief goede en smaakvolle Nederlandse aardbeien. Uit oogpunt van continuïteit in de levering naar afnemers en een vlakke arbeidsfilm, streven aardbeitelers sowieso naar een vlakker productieproces in het jaar. Om jaarrond goede aardbeien te kunnen leveren is onder lichtarme omstandigheden zeker belichting nodig. Telers hebben de laatste jaren dan ook meer belangstelling voor belichting. Door een combinatie van verschillende plantdata, rassen en belichting, kunnen er op deze wijze in principe het hele jaar aardbeien uit de kas worden geoogst. Momenteel wordt er op ca. 20 ha SON-T belichting toegepast met een lichtintensiteit variërend van 70 tot 170 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$. Het toegepaste lichtniveau hangt vaak samen met de overname van reeds bestaande (tomaten) bedrijven met belichting. Het aantal belichtingsuren bij aardbei is ca. 1500 tot 2000 uur per jaar. Als op grotere schaal belichting zal worden gebruikt, heeft dit grote consequenties voor het energiegebruik en daarmee gepaard gaand de CO₂-uitstoot. Door aardbeien per jaar bijvoorbeeld gedurende 1750 uur met 160 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ SON-T lampen te belichten, stijgt het elektriciteitsverbruik ten opzichte van onbelicht met 160 kWh/m². In dit rapport wordt dit als referentie voor een belichte teelt aangehouden, omdat verwacht wordt dat de belichtingsintensiteit op de bedrijven zeker niet af zal nemen.

Verminderen elektriciteitsverbruik

In deze studie is nagegaan welke mogelijkheden er in de aardbeienteelt zijn om het elektriciteitsverbruik in een belichte teelt duidelijk te verminderen. Het is daarbij noodzakelijk dat de effecten bekend zijn van lichtintensiteit, belichtingsduur en lichtspectrum op de groei, productie en kwaliteit. De gegevens hierover zijn hieronder verzameld door middel van een literatuurstudie en via gesprekken met telers, adviseurs en leveranciers van groeilicht. Er is totaal met zo'n 10 personen gesproken.

In dit rapport wordt hiervan verslag gedaan. Het verslag is opgebouwd aan de hand van het door Marcelis en De Gelder (2013) beschreven stappenplan, waarin vijf mogelijkheden worden aangegeven om tot besparing op elektriciteit voor assimilatiebelichting te komen. Deze stappen zijn:

1. Meer natuurlijk licht in de kas.
2. Meer molen uit een kWh.
3. Meer onderschepping van molen door het gewas.
4. Meer assimilaten uit de molen.
5. Meer assimilaten naar waardevolle plantdelen.

Doel studie

Het doel van deze studie is om na te gaan of er mogelijkheden zijn om een duurzame intensieve aardbeienteelt met belichting te realiseren, waarbij er fors wordt bespaard op het huidige elektriciteitsverbruik in belichte teelten van zo'n 160 kWh/m² met behoud van een onderscheidende kwaliteit t.o.v. geleverde 'winteraardbeien' uit concurrerende landen. Daarbij is het wenselijk dat ook het warmtegebruik omlaag gaat.

De resultaten van deze studie zouden gebruikt kunnen worden voor het opzetten van vervolgonderzoek naar een belichte aardbeienteelt met minimale inzet van energie.

2 Resultaten

2.1 Meer natuurlijk licht in de kas

Lichttransmissie

Evenals bij veel andere gewassen is bij aardbei de lichtintensiteit en dus ook de lichttransmissie van het kasdek belangrijk voor de productie en de smaak. In een Engels onderzoek met Elsanta zijn diverse soorten folie met verschillende eigenschappen, waaronder lichtdoorlatendheid en lichtspectra, onderzocht. Als de totale lichtsom afnam met 46% daalde de productie met 22%. In dit artikel wordt ook vermeld dat in een onderzoek van de eerste auteur in 2002, een vermindering van de totale lichtsom van 63% resulteerde in 52% minder productie (Fletcher *et al.* 2004). Door een lagere lichttransmissie van dubbel plastic, gaf een dubbele kasbedekking t.o.v. een enkele laag folie bij aardbei een 10% lagere productie (Bourgeois, 2004). Helaas wordt in dit artikel niet vermeld hoe groot het verschil in lichttransmissie tussen beide kasbedekkingen was.

De netto fotosynthesesnelheid, gemeten aan planten die in twee lagen in een soort stelling stonden, verminderde lineair met de lichthoeveelheid. Planten die in de schaduw stonden ontvingen 43% minder licht dan planten die volop in het licht stonden en dit veroorzaakte een 50% lagere productie. Dit was het gevolg van 30% minder vruchten én van een ca. 30% lager vruchtgewicht. Daarnaast daalde ook nog eens de refractie met 1.5 °Brix (Wang en Wang, 2014). Watson *et al.* (2002) zagen dat bepaalde aromatische stoffen en het sacharosegehalte daalden naarmate meer licht (0, 25 of 47%) werd weggenomen.

In het najaar van 2015 hadden veel telers de ervaring dat het door de donkere weersomstandigheden moeilijk was om zonder belichting een acceptabele refractie en daarmee smaak te bereiken. De conclusie uit het voorgaande is dat voor wat betreft de productie en smaak, de aardbei een lichtbehoeftig gewas is.

Diffuus licht

Diffuus licht geeft een betere horizontale en verticale lichtverdeling in de kas, met minder harde schaduwen van de constructiedelen. Bij hoog opgaande groentegewassen zoals tomaten, komkommers en paprika, maar ook bij laagblijvende gewassen zoals potplanten, is in diverse onderzoeken aangetoond dat diffuus licht een positief effect heeft op de groeisnelheid van de vruchten en/of productie (Hemming *et al.* 2007; Dueck *et al.* 2009; 2012).

De verwachting is dat een diffuus kasdek bij een compact gewas als aardbei ook positief is voor de productie. Voor zover bekend is er bij aardbei echter nog weinig onderzoekservaring met de teelt onder diffuus glas in vergelijking met helder glas. In een onderzoek op Proefcentrum Hoogstraten leverde diffuus t.o.v. helder glas geen meerproductie op, maar waarschijnlijk heeft in deze proef de lagere lichttransmissie onder diffuus glas hierbij een rol gespeeld (Van Delm, pers. comm.). Hoewel in onderzoek van Fletcher *et al.* (2004) ook de lichtdoorlatendheid bij diffuus folie t.o.v. de controle met 4% werd gereduceerd, was de nettoproductie onder diffuus plastic toch relatief hoog en het gewicht aan onverkoopbare vruchten laag. Volgens de onderzoekers zou dit het gevolg zijn van de betere lichtopvang door het blad bij het diffuse kasdek materiaal. Inmiddels zijn er in Nederland en België aardbeitelers die telen onder (nieuw) diffuus glas met een hoge lichttransmissie en een hoge doorlatendheid van UV-B licht. De eerste ervaringen hiermee zijn positief.

Belangrijke punten t.a.v. natuurlijk licht in de kas:

- Een lagere lichtsom verlaagt de productie: 1% minder licht geeft zo'n 0.5 tot 1% minder productie.
- Minder licht is vaak negatief voor het suikergehalte en de smaak.
- Naar verwachting zal diffuus licht de productie doen stijgen.

2.2 Meer molen uit een kWh

Ledlampen

Ledlampen zijn duidelijk energie-efficiënter dan SON-T hogedruknatrium lampen. De energie-efficiëntie van de huidige ledlampen lag tot voor kort rond de 25% hoger dan die van SON-T. Dit percentage neemt nog steeds toe. Bij SON-T wordt momenteel gerekend met een lichtopbrengst aan PAR-licht van 1.8 à 1.85 $\mu\text{mol}/\text{W}$ aan geïnstalleerd vermogen en bij de betere leds op 2.3 $\mu\text{mol}/\text{W}$. Eind 2015 zijn er echter ledlampen op de markt gekomen met een efficiëntie van zo'n 2.7 $\mu\text{mol}/\text{W}$. Dit betekent een efficiëntieverbetering t.o.v. SON-T met 45 à 50%! Qua energieverbruik betekent dit een besparing van ruim 30%. De verwachting is dat dit percentage in de toekomst nog verder zal stijgen tot ongeveer 3 $\mu\text{mol}/\text{W}$. Technisch gezien zou het in de toekomst mogelijk moeten zijn om een energie-efficiëntie te realiseren van 3.5 $\mu\text{mol}/\text{W}$, maar de vraag is of dit tegen een aanvaardbare productprijs kan (bron: Philips).

Leds gaan veel langer mee dan SON-T lampen; de totale brandduur zou op zo'n 25.000 uur liggen. Maar met zo'n 50% hogere jaarkosten zijn ledlampen nu nog flink duurder dan SON-T lampen (Anonymus, 2015), terwijl SON-T lampen veel meer stralingswarmte afgeven en het gewas meer opwarmen. In koude periodes zal dit effect van belichting met SON-T lampen een voordeel zijn, maar in relatief warme periodes juist een nadeel. Onder aardbeitelers neemt de belangstelling voor ledbelichting momenteel toe, omdat het met SON-T lampen gauw te warm wordt voor dit gewas, waardoor o.a. de kans op kleinere vruchten wordt vergroot. Of de warmte moet worden afgelucht.

Lichtkleur

Het voordeel van ledlicht is dat er met specifieke kleuren of golflengtes kan worden gewerkt, waardoor leds ook gebruikt kunnen worden als stuurlicht. In het verleden werd in het onderzoek naar specifieke effecten van de lichtkleur vooral gebruik gemaakt van gekleurd plastic folie. Pas recent is er onderzoek naar het toepassen van leds met een specifieke golflengte. Hieronder staat per lichtkleur aangegeven welke effecten in de literatuur zijn gevonden bij toepassing van de verschillende lichtkleuren in een aardbeigewas (Tabel 1).

Tabel 1

Lichtkleur-specifieke effecten

UV-B	Zonder transmissie van UV-B in het kasdek verloopt de rijping trager en is de productie lager. Belichting met UV-B verhoogt de weerbaarheid tegen ziektes zoals meeldauw en maakt de vruchten intenser rood door een hoger anthocyaangehalte (Casal <i>et al.</i> 2009; Kanto <i>et al.</i> 2014).
Blauw:	Met blauw licht investeert de plant minder assimilaten in bladgroei. Blauw licht stimuleert de bloemknopvorming, versnelt de bloei en rijping t.o.v. alleen rood, doet de vruchten meer glanzen en verhoogt het gehalte aan suikers en vitamine C (Yamada, Nakamura en Shimizu, 1977; Xu <i>et al.</i> 2006; 2007; Zhao <i>et al.</i> 2008; Yoshida <i>et al.</i> 2012; Choi <i>et al.</i> 2013; Xu <i>et al.</i> 2014).
Groen	Onder groen gekleurd folie worden relatief veel assimilaten gebruikt voor bladgroei, de fotosynthesesnelheid is relatief laag, met als gevolg een lagere productie ten opzichte van anders gekleurd folie met dezelfde lichtdoorlatendheid (Xu <i>et al.</i> 2006; 2007). Groen ledlicht maakt planten minder gevoelig voor aardbei-anthraxose, veroorzaakt door <i>Colletotrichum</i> spp. (Kudo <i>et al.</i> 2011).
Geel	Geel licht verhoogt het gehalte aan flavonoïden en fenolen, maar verlaagt het gehalte aan anthocyaan in aardbeivruchten (Zhao <i>et al.</i> 2008).
Rood	Rood plastic gaf in vergelijking met groen, neutraal, geel en blauw plastic bij eenzelfde lichtdoorlatendheid de hoogste productie, de grootste vruchten en de meest intens rode vruchtkleur (Xu <i>et al.</i> 2007). Rood licht verhoogt het aantal gevormde bladeren in vergelijking met wit en verrood licht (Nishiyama en Kanahama, 2009). Een hogere rood/verrood verhouding geeft compactere planten doordat bladstelen korter blijven, maar de verminderde vegetatieve groei leek niet te leiden tot meer assimilaten naar de vruchten (Fletcher <i>et al.</i> 2004).
Verrood	Verrood licht geeft meer strekking van blad- en vruchtstelen en meer bloemtakken (Fletcher <i>et al.</i> 2004; Nishiyama en Kanahama, 2009). Als de plastic kasbedekking het verrode licht absorbeert, wordt de oogstperiode langer, maar dit leidt niet tot meer productie. De langere oogstperiode kan volgens Fletcher <i>et al.</i> (2004) te maken hebben met een lagere planttemperatuur bij zo'n kasdek.

Praktijktoepassing stuurlicht

Van het effect van de combinatie rood en verrood licht wordt in de praktijk vaak gebruik gemaakt door te belichten als compensatie van een tekort aan koude. Als aardbeitelers spreken over belichting wordt veelal de belichting met stuurlicht bedoeld. Op ca. 85% van het areaal wordt een doorteelt toegepast met veelal een planting in augustus. Bij deze teeltwijze is in de winter een koudeperiode nodig om de rustfase te doorbreken. Bij te weinig koude gebeurt dit onvoldoende en verloopt de doorteelt moeizaam door te weinig gewas- en bloemtakstrekking met als gevolg een lagere LAI, een slechtere vruchtkwaliteit en lagere productie. Dit koudetekort kan worden gecompenseerd door verlenging van de dag door in de nacht (cyclische) belichting toe te passen. Dit gebeurde tot voor kort met gloeilampen en de laatste jaren steeds meer met ledlampen die veel rood en vooral verrood (DR en FR) licht uitstralen. LED lampen zijn veel duurder, maar het elektriciteitsverbruik is slechts ca. 12% van gloeilampen en ze gaan ca. 15 x zolang mee. Door 1/3 minder leds te gebruiken, maar wel gedurende ca. 35 nachten 14 uur te belichten i.p.v. 7 uur zoals bij gloeilampen, bedraagt het energiegebruik bij leds ongeveer 20% van dat bij gloeilampen, namelijk 0.5 t.o.v. 2.5 kWh/m² per jaar. Inmiddels zijn er leds van verschillende fabrikanten/leveranciers die goede resultaten geven (Lieten, F., 1997; Van Delm *et al.* 2010; 2013; 2015). Teveel ofwel te lang belichten met stuurlichtlampen kan langwerpige, flesvormige vruchten geven die moeilijk doorkleuren en daardoor de kans op scheuren vergroten.

Led groeilicht

Er zijn in de literatuur geen onderzoeksgegevens gevonden waarbij er een goede vergelijking werd gemaakt tussen SON-T en leds. Ook bij telers is hierover weinig bekend. In de praktijk worden er wel proefsgewijs ledlampen vlak boven het gewas opgehangen, maar deze lampen zijn vaak als extra toegevoegd bij bestaande SON-T lampen, waardoor een vergelijking bij eenzelfde lichtintensiteit ontbreekt. Wel zijn er met alleen ledlampen gedurende enkele jaren onderzoeken uitgevoerd op Proefcentrum Hoogstraten en gedurende het seizoen 2014-2015 en 2015-2016 op het Improvement Centre (IC) in Bleiswijk. De resultaten van het onderzoek op het IC worden niet naar buiten gebracht. De gegevens van het Belgische onderzoek zijn wel gepubliceerd en worden hieronder in het kort behandeld.

Door led groeilicht met een lichtintensiteit van $70 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ gedurende in totaal 1350 uur toe te passen en de gemiddelde etmaaltemperatuur met 1.9°C te verhogen, is het in Hoogstraten gelukt om de eerste oogst van een half decemberplanting met 4 weken te vervroegen. Dit had geen invloed op de totaalproductie en vruchtkwaliteit in vergelijking met onbelicht, maar er is meer 'gejaagd'. Naast het extra stroomverbruik kostte dit wel $5.7 \text{ m}^3/\text{m}^2$ aan extra gas (Van Delm *et al.* 2012). Door gebruik te maken van SON-T lampen zou het gasverbruik lager zijn geweest, maar het elektriciteitsverbruik hoger. Helaas ontbreekt in het onderzoek een vergelijking met SON-T.

In een vervolgonderzoek werden door Van Delm *et al.* (2014) verschillende lichtintensiteiten (35 en $70 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$) gecombineerd met maximaal belichten (in totaal zo'n 1300 uur) of 30% minder uren belichten. De behandeling waar het meeste groeilicht was gegeven, produceerde het meest ($4.6 \text{ kg}/\text{m}^2$) en de planten die het minste licht ontvingen, produceerden het minst (-19%). De belichtingsbehandelingen hadden geen effect op de vruchtkwaliteit.

Toplight led modules met meer blauw licht (10 à 12%) hadden in Belgisch onderzoek qua productie geen meerwaarde ten opzichte van de modules met minder blauw licht (5 à 6%) (Van Delm *et al.* 2014). Maar voor dezelfde hoeveelheid PAR-licht, verbruiken ze wel meer energie. Bij een onderzoek in klimaatkamers werd een combinatie van rood en blauw ledlicht (7:3) vergeleken met alleen rood of blauw led licht. De gecombineerde lichtkleur gaf de hoogste productie en het hoogste anthocyaan- en fructosegehalte in de vruchten (Choi *et al.* 2013). Dit betekent een intensief rodere vruchtkleur en waarschijnlijk een betere smaak.

De belangrijkste punten uit deze paragraaf:

- De allernieuwste led-assimilatielampen verhogen de licht-efficiëntie ten opzichte van SON-T lampen met bijna 50%. Een verdere stijging ligt in de lijn der verwachting.
- Bij de nieuwste leds daalt het stroomverbruik bij gelijkblijvende lichtintensiteit met ruim 30% in vergelijking met SON-T lampen.
- De aardbeiplant is gevoelig voor specifieke lichtkleuren. Zo verbetert blauw licht de vruchtkwaliteit en zorgt verrood licht voor meer blad- en bloemtakstrekking.
- Uit energieoogpunt moet de hoeveelheid blauw in led-armaturen zeer beperkt blijven.
- De veel gebruikte gloeilampen voor het stuurlicht kunnen prima vervangen worden door speciale, energiezuinige ledlampen.
- Er kan goed met led groeilichtlampen worden geteeld, maar vooralsnog ontbreekt een goede vergelijking met SON-T.
- Bij een relatief lage lichtintensiteit van het groeilicht van maximaal $70 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$, geeft meer uren belichten in een decemberplanting een hogere productie.

2.3 Meer onderschepping molen door het gewas

Het is belangrijk dat het natuurlijke licht en het licht van de assimilatielampen zoveel mogelijk door de bladeren worden opgevangen. Het niet onderschepte licht betekent immers verlies voor de plant. Zeker direct na het planten als de planten uit de bewaarcel komen, hebben ze nog weinig blad. Als dan te snel wordt overgegaan tot belichten, zal er relatief weinig licht door het blad worden opgevangen en dit betekent energieverlies. Daarom zullen telers kritisch moeten zijn met het tijdstip waarop met belichting wordt gestart. Om zoveel mogelijk van het licht te reflecteren naar het gewas is het belangrijk om de grond met wit doek of plastic te bedekken. Een wit gecoate kasconstructie draagt daar ook aan bij.

Ruimtebenutting

Voor maximale lichtonderschepping moet het gewas optimaal over de kas verdeeld zijn. Vooral direct na het planten is de lichtabsorptie verre van optimaal en valt er veel licht op de grond. Het is zeker zinvol om na te gaan of er mogelijkheden zijn om de eerste fase na het planten te verplaatsen naar de plantenkweker of een aparte ruimte op het eigen bedrijf hiervoor in te richten. Planten kunnen dan dichter op elkaar staan, waardoor de ruimte beter wordt benut en de licht- en energie-efficiëntie toeneemt. Er zijn telers die de plantbakken in de eerste weken van de teelt dwars op de goot hebben geplaatst, waardoor er tijdelijk veel minder ruimte nodig was. De extra benodigde arbeid is daarbij wel een nadeel. Bij aardbeien uit zaad vindt de opkweek tot bloei momenteel al plaats bij de plantenkweker, waardoor de ruimtebenutting beter is, maar door productietelers worden tot nog toe nauwelijks rassen uit zaad gebruikt.

Voor het uitvoeren van gewasbewerking, bijvoorbeeld het doorhalen van bloemtakken en het oogsten, is een voldoende breed pad noodzakelijk. Om de kasruimte nog beter te benutten en op deze wijze de lichtopvang te verbeteren, wordt op enkele praktijkbedrijven het zogenaamde swing-systeem toegepast, waarbij er 8 i.p.v. 7 goten in een 8 meter tralie hangen. Dit betekent ruim 10% meer planten per oppervlakte-eenheid. Bij het uitvoeren van de oogst of gewashandelingen worden de goten automatisch om en om naar elkaar toegetrokken, zodat er een pad ontstaat van 1.15 m. Dit is evenveel als bij een 7-rijensysteem, zodat voldoende ruimte wordt gecreëerd om in het gewas te kunnen werken.

Op Proefcentrum Hoogstraten beproeft men het 'Meerle high level systeem', waarbij boven 3 van de 7 goten een extra goot hangt. Hierdoor neemt het aantal planten met 40% toe. De extra goten hangen dan ca. 25 cm naast de betreffende onderste goten. Het idee hierachter is dat als de goten voldoende hoog hangen, er niet teveel licht bestemd voor de planten op de onderste goten wordt weggenomen. Voor de oogst laat men de goten zakken tot op 10 cm boven de onderste goten en wordt er op stelten geoogst. Met dit systeem kan er in principe meer licht worden onderschept bij een waarschijnlijk beperkte stijging van het warmteverbruik in vergelijking met een reguliere teelt. In het najaar van 2014 bedroeg de meerproductie 27%, bij 43% meer planten. In de onderste goten werd echter 20% minder geoogst door het mindere licht wat deze planten ontvingen.

In de doorteelt in het daaropvolgende voorjaar was de totale meerproductie slechts 13%. Dit kwam mede door meer plantwegval in de onderste goten door *Phytophthora fragariae*, waarschijnlijk als gevolg van het natter blijven van het substraat. Tevens vormden de planten door de lagere hoeveelheid licht minder bloemtakken. De voordelen t.a.v. de productie moeten worden afgezet tegen de extra investerings- en arbeidskosten en mogelijk mindere vruchtkwaliteit en -grootte. Op stelten oogsten bleek sowieso niet praktisch te zijn (Stallen, 2014; 2015, Melis *et al.* 2015). Om een gelijkmatige gewasontwikkeling te krijgen zal men de goten moeten laten rouleren voor wat betreft positie onder of boven.

Bladhoeveelheid

Evenals bij veel andere gewassen wordt bij aardbei gestreefd naar een LAI van 3, maar de werkelijk gerealiseerde LAI kan bij een vegetatief groeiend gewas duidelijk hoger liggen. Bij aardbeiplanten zit het blad vaak erg dicht op elkaar gepakt en zouden de onderliggende bladeren zelfs negatief kunnen bijdragen aan de fotosynthese. De LAI is o.a. afhankelijk van plantopkweek, plantstadium, ras, plantbelasting, klimaat, licht, bemesting en watergift. De vorming van teveel blad gaat ten koste van de vruchtproductie en kwaliteit. Veel blad betekent ook meer ademhaling dus verbranding van assimilaten, maar ook meer verdamping, wat weer extra energie kost. Het kan wenselijk zijn om in een doorteelt de bladhoeveelheid te reduceren door na de 1^e groeifase één of meer keren bladeren in een jong stadium weg te nemen. Hierdoor zouden de geproduceerde assimilaten ten goede kunnen komen aan de vruchten.

In Taiwanees onderzoek gaf het verwijderen van alle blad dat ouder was dan 45 dagen, echter een lagere productie (Lyu *et al.* 2014). Maar de plant heeft in ouder blad al veel assimilaten geïnvesteerd. Cassierra-Posada *et al.* (2012) vonden dat het wegnemen van 38% en 67% van de bladschijven van zich ontwikkelende bladeren, de productie verlaagde met respectievelijk 14 en 31%. Blad verwijderen had ook een negatief effect op de refractie. Men zal dus voorzichtig moeten zijn met teveel blad wegnemen. Het overblijvende blad moet voldoende licht kunnen onderscheppen, maar in de winter zal de LAI lager mogen zijn dan in de lichtrijke maanden. Zo blijkt uit recent onderzoek bij tomaat dat beperking van de hoeveelheid blad in de winter- en vroege voorjaarsmaanden een meerproductie geeft door een andere droge stofverdeling over de verschillende plantendelen. Het bespaart tevens energie door reductie van de verdamping (De Gelder *et al.* 2015; Van Velden, 2015). Bij aardbei zou proefsgewijs bladwegnemen zeker het proberen waard zijn, maar mag ook weer niet teveel arbeid kosten.

Diffuus licht wordt beter verdeeld over de bladeren en dringt dieper door in het gewas dan direct licht, waardoor er in principe meer licht wordt opgevangen, wat ook bij aardbei tot een hogere productie kan leiden (zie ook 2.1).

Positionering van het groeilicht

Leds kunnen meer op het gewas worden gericht dan SON-T of ledlampen die bovenin de kas hangen, waardoor er in principe minder licht verloren gaat. Een vergelijking tussen led 'toplighting' bovenin de kas met productiemodules met 10 à 12% blauw van Philips (30 cm boven het gewas) met een berekende lichtintensiteit op plantniveau in beide behandelingen van 70 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$, gaf echter geen productiewinst (Van Delm *et al.* 2014). Led armaturen vlak boven het gewas zullen ook meer (zon)licht wegnemen dan de lichtefficiëntere led armaturen bovenin de kas, wat weer negatief kan zijn voor de productie van assimilaten.

In een onderzoek uitgevoerd door Wageningen UR Glastuinbouw in Bleiswijk, zijn in de herfst van 2014 led productiemodules ca. 30 cm boven de plant (=bladbelichting) vergeleken met led belichting van voornamelijk de vruchten (=vruchtbelichting). Het geïnstalleerde lichtniveau was in beide behandelingen gelijk, namelijk zo'n 70 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$. Hoewel er bij de laatste belichtingswijze zichtbaar veel licht op de grond terecht kwam, was de productie en de smaak bij beide behandelingen gelijk. Het vitamine C-gehalte lag bij vruchtbelichting zelfs iets hoger (Hananberg *et al.* 2015; Reinders, 2015). Mogelijk speelt de iets hogere vruchttemperatuur bij de vruchtbelichting hierbij een rol. In de voorjaarsteelt viel het effect op de productie en inwendige kwaliteit van extra belichting van het blad of vruchten tegen. Dit komt waarschijnlijk omdat er dan al 'voldoende' natuurlijke instraling is.

De belangrijkste punten t.a.v. lichtonderschepping:

- Om de ruimte- en dus lichtbenutting door het gewas na het planten te verbeteren, zou de 1^e groeifase naar een andere teeltruimte op het bedrijf of plantenkwaker verplaatst kunnen worden.
- De lichtopvang en de energie-efficiëntie kan worden verhoogd door extra horizontaal of verticaal beweegbare goten op te hangen.
- Als planten echter deels boven elkaar worden geplaatst, zijn de onderste planten gevoeliger voor schimmelziektes en vormen bij een doorteelt minder bloemtakken. Roulatie in gootpositie lijkt gewenst.
- Door na de 1^e groeifase selectief jong blad weg te nemen, hoeft de plant niet in dit blad te investeren. Te vroeg veel blad wegnemen is uit productie- en kwaliteitsoogpunt ongunstig.
- De positionering van het groeilicht kan de productie en vruchtkwaliteit positief beïnvloeden.

2.4 Meer assimilaten uit de onderschepte molen

De vraag kan gesteld worden of een aardbeigewas altijd efficiënt met het opgevangen licht omgaat. In de literatuur zijn er aanwijzingen gevonden dat dit niet altijd het geval is. Dit hangt af van verschillende (klimaat) factoren. Uiteraard moet het CO₂-gehalte op een voldoende hoog niveau zijn om als plant voldoende te kunnen profiteren van het opgevangen licht. Het gewenste CO₂-gehalte is bij aardbei sterk afhankelijk van het lichtniveau en ook het plantstadium. Te vroeg een te hoog niveau aanhouden, kan vooral bij het ras Elsanta een erg vegetatief gewas geven, waardoor er later kwalitatief slechte vruchten (vooral zogenaamde koeienuiers) worden geoogst. De gevoeligheid hiervoor lijkt al bepaald te worden op het plantbed, maar de fysiologische achtergronden zijn nog onduidelijk. Een hoog CO₂-gehalte later in de teelt zorgt echter voor een goede doorsplitsing van de bloemtakken. Uiteraard moet de gewasconditie goed zijn om zoveel mogelijk licht in assimilaten om te zetten.

Lichtverzadiging

Hoewel de literatuurgegevens een zeer grote variatie in resultaten laten zien, lijkt het erop dat een aardbeigewas veel licht kan verdragen voordat lichtverzadiging optreedt. Het lichtverzadigingspunt hangt mede af van de temperatuur en de CO₂-concentratie en mogelijk ook van het gebruikte ras of type (juni- of doordrager). In Belgisch onderzoek werd al lichtverzadiging gevonden bij 400-600 µmol/m²/s. De optimumtemperatuur voor de fotosynthese was 15 – 25°C (Elsacker *et al.* 1989). Yun en Yoo (1992) vonden dat er lichtverzadiging optrad bij 700 – 800 µmol/m²/s. Japanse onderzoekers zagen dat lichtverzadiging optrad bij de combinatie van 1000 µmol/m²/s met 400 ppm CO₂. Maar als de CO₂-concentratie werd verhoogd naar 1000 ppm, lag de lichtverzadiging bij 2000 µmol/m²/s (Wada *et al.* 2010). In Zwitsers en Chinees onderzoek trad lichtverzadiging in het blad op bij respectievelijk 1400 en 2000 µmol/m²/s. De netto fotosynthese nam in het Zwitserse onderzoek met rond de 70% toe bij een temperatuur van 20 naar 30°C. Aardbeiplanten lijken zich met de fotosynthese aan te passen aan hoge temperaturen (Zhang en Yang, 2006; Carlen *et al.* 2009). De fotosynthese hangt ook af van de bladleeftijd. Tien dagen nadat het blad net volgroeid was, was de netto fotosynthese afhankelijk van het ras 12 tot 24% hoger dan bij net volgroeide bladeren (Carlen *et al.* 2009). Uit de literatuurgegevens kan de conclusie worden getrokken dat lichtverzadiging bij aardbei niet snel optreedt en dat de hiervoor genoemde lichtintensiteiten in de wintermaanden met belichting niet of nauwelijks worden gerealiseerd.

Belichtingsduur

De literatuurgegevens over de belichtingsduur zijn summier. Te lang belichten met een hoge lichtintensiteit kan echter nadelig zijn voor de productie. In Japans onderzoek (Hidaka *et al.* 2014), is in een kas led belichting toegepast met een erg hoge lichtintensiteit van ca. 750 µmol/m²/s (bladniveau) gedurende 0, 12, 14, 16 en 24 uur per dag. Qua productie kwam een belichtingsduur van 12 uur als beste uit de bus. De sink was hier het hoogst. Langer belichten remde namelijk de overgang van de vegetatieve naar de generatieve fase en was zichtbaar in een tragere vorming van de 2^e bloemtak. Dit leidde ertoe dat de geproduceerde assimilaten bij de 12 uren-belichting beter werden afgevoerd naar de gevormde vruchten en dat er minder zetmeel in de bladeren werd gevormd. Daarnaast was het blad dunner en had het een lager drooggewicht. Gedurende 12 en 14 uur belichten gaf een hogere refractie dan onbelicht. Vooral bij de 12 uren-belichting kwamen dus relatief veel assimilaten in de vruchten terecht, wat resulteerde in een hogere productie en refractie. Hoewel de lichtintensiteit van het groeilicht in dit onderzoek erg hoog was, zou er mogelijk ook bij een lagere lichtoutput van de lampen, energie kunnen worden bespaard door in bepaalde gewasstadia minder lang te belichten met behoud van productie en kwaliteit. Dit vraagt echter bij aardbei om nader onderzoek.

In een tomatenonderzoek kon aan de hand van een belichtingsplan met 17% minder uren belichten in een diffuus glazen kas met een iets hogere lichttransmissie, praktisch dezelfde productie en kwaliteit worden gerealiseerd als in een kas met helder glas (Dieleman *et al.* 2015). Zoals al eerder is vermeld, is evenwicht tussen vegetatieve en generatieve groei belangrijk. De plant moet zodanig gestuurd worden dat er niet teveel assimilaten gebruikt worden voor de bladgroei.

Lichthoeveelheid

Nestby en Trandem (2013) vonden in een herfstteelt in Noorwegen bij een lichtintensiteit van 260 en 900 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ met ledbelichting, een hogere productie bij 900 dan bij 260 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$. De productieverhoging bij 900 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ viel echter tegen, waarschijnlijk als gevolg van het bereiken van het lichtverzadigingspunt voor de fotosynthese door de gerealiseerde lage temperaturen in de morgen- en avonden later in het seizoen. Als de temperaturen beter waren afgestemd op de lichthoeveelheid, waren de resultaten bij de hoogste lichtintensiteit hoogstwaarschijnlijk positiever geweest.

Gottdenker *et al.* (2001) concludeerden in een kasproef met extra groeilicht dat bij een dagelijkse lichthoeveelheid van 9 mol/m^2 bij de cv Sweet Charly een hogere productie werd gerealiseerd dan bij 6 en 12 mol/m^2 . Zij suggereren dat het gewas in hun onderzoek bij 12 mol/m^2 per dag mogelijk teveel licht had gekregen. De ervaring op de veilingen is echter dat de kwaliteit c.q. houdbaarheid in de winterperiode bij een lagere lichtintensiteit van het groeilicht minder is. Volgens veilingmedewerkers zou een aardbei voor een goede vruchtkwaliteit minimaal ca. 1000 $\text{J}/\text{cm}^2/\text{dag}$ moeten krijgen (Walraven, pers. comm.). Dat is het gemiddelde instalingsniveau in de 2^e helft van maart en is ca. 12 $\text{mol}/\text{m}^2/\text{dag}$ berekend voor binnenin de kas. Dit strookt dus niet met hetgeen Gottdenker *et al.* (2001) beweerden.

Lichtkleur

Hoewel de toepassing van blauw licht uit kwaliteitsoogpunt diverse voordelen biedt (zie 2.2), is de energie-efficiëntie van blauw licht lager dan van rood licht. Het kost ca. 1.75 maal zoveel energie om blauw licht te maken. Daarnaast is de fotosynthese-efficiëntie van blauw licht ook nog eens lager dan van rood licht. Omdat in het natuurlijke licht doorgaans al genoeg blauw licht zit, is het zeker uit productieoogpunt gewenst om in assimilatielampen een zo minimaal mogelijke hoeveelheid blauw licht toe te passen. Dit wordt gestaafd door Belgisch onderzoek met aardbei, waar 2 keer zoveel blauw licht (ca. 12 i.p.v. 6%) in de ledlampen bovenin de kas, geen meerwaarde qua productie of kwaliteit had (Van Delm *et al.* 2014).

Belangrijkste punten uit deze paragraaf:

Ook met belichting zal er bij aardbei in de lichtarme maanden niet snel een lichtintensiteit worden bereikt waarbij lichtverzadiging optreedt.

Bij aardbei lijken er mogelijkheden te zijn om via een vooraf gemaakt lichtplan het aantal belichtingsuren meer te laten variëren per gewasstadium, met behoud van productie en kwaliteit.

Voor een goede productie en kwaliteit zou het gewas zo'n 9 – 12 mol/m^2 per dag moeten krijgen.

2.5 Meer assimilaten naar vruchten

Om de productie te optimaliseren, is het belangrijk dat er uiteindelijk zoveel mogelijk assimilaten in de vruchten terecht komen.

Plantbalans

Evenals bij andere gewassen, draait het bij aardbei om het sturen op de plantbalans, ofwel het evenwicht tussen aanmaak en verbruik van assimilaten. Vooral de hoeveelheid licht in combinatie met de CO_2 -concentratie en het blad bepalen de source. De totale sinksterkte wordt bepaald door de sinkomvang en de sinkwerking. De temperatuur bepaalt het verbruik van assimilaten (sinkwerking) en het verloop van de sinkomvang door middel van de plantbelasting. Een lage temperatuur gaat dan ook niet per definitie samen met een hoog vruchtgewicht en een hoge kilo-opbrengst. Dit wordt immers sterk beïnvloed door de plantbelasting.

Temperatuur

De gewenste temperatuur is o.a. afhankelijk van het gewasstadium, plantbelasting en de instraling. Volgens Wang en Camp (2000) stimuleert een hoge temperatuur (dag/nacht 25/12 i.p.v. 18/12oC) vanaf de bloei de vegetatieve groei. Hoge temperaturen gaan echter ten koste van de wortelgroei en de productie wordt lager als gevolg van een lager vruchtgewicht (Kamakura *et al.* 1994; Kadir *et al.* 2006). Bij de doordrager 'Everest' vonden Wagstaffe en Battey (2004) echter juist de hoogste productie bij een etmaaltemperatuur van 23°C binnen een range van 15 tot 27°C. Vruchten gegroeid bij een hogere temperatuur hebben een donkerder rode kleur en een lager suikergehalte (Wang en Camp, 2000). Voor de afrijpingssnelheid blijkt vooral de hoogte van de dagtemperatuur bepalend te zijn: een hogere dagtemperatuur bij eenzelfde etmaaltemperatuur stimuleert de afrijping, maar vruchten blijven kleiner en de refractie is lager. Een hogere etmaaltemperatuur verlaagt ook de refractie (Kamakura *et al.* 1994). In de literatuur zijn verder weinig gegevens gevonden over sturing van assimilaten naar de vruchten.

In de praktijk streeft men in de vruchtgroeifase naar vrij grote verschillen in dag/nachttemperatuur. Dit doet men mede om de etmaaltemperatuur te drukken bij hoge dagtemperaturen a.g.v. veel instraling, maar ook om de vruchten meer te doen zwellen bij hogere luchtvochtigheden in de nacht.

Plantverschillen

Tussen individuele aardbeiplanten blijken er enorme verschillen in vruchtproductie te zijn. Qua aantal vruchten kan dit meer dan een factor 3 verschillen (Kempkes *et al.* 2010). Dit zou veel uniformer moeten. In een onderzoek van Dieleman *et al.* (2014) bleek dat het uitselcteren van stekken echter niet tot een gelijkmatiger productie leidde. In dit onderzoek wordt de conclusie getrokken dat er blijkbaar een ander proces is dat variatie in bloemaanleg en vruchtproductie oplevert in de periode tussen steksnijden en uiteindelijke productie. Maar volgens deskundigen in de praktijk leidt stek sorteren op rhizoomdikte weldegelijk tot uniformer plantmateriaal (Marcel Dings, persoonlijke mededeling). Waarschijnlijk zijn meerdere processen verantwoordelijk voor de ongelijkheid in plantmateriaal. Bij hybriderassen uit zaad kan ook een behoorlijke ongelijkheid in plantmateriaal optreden. Als over de oorzaken van plantongelijkheid door onderzoek meer bekend zou zijn, zou er tijdens de teelt beter op gestuurd kunnen worden, zodat het beschikbare licht efficiënter kan worden benut.

Het is belangrijk dat de geproduceerde assimilaten tijdens de teelt niet teveel richting blad en uitlopers gaan, maar zoveel mogelijk gebruikt worden voor de vruchtproductie. In principe zouden de onderlinge plantverschillen in productie tussen planten afkomstig van zaad minder groot moeten kunnen zijn dan bij planten uit stek. Bij junidragers moet de spreiding van de bloemtakken en dus de plantbalans gedurende de teelt, al grotendeels tijdens de opkweek gerealiseerd worden.

Belichtingsduur

Hidaka *et al.* (2014) toonden aan dat de fractie droge stof in de vruchten het hoogst was bij 12 uur belichten en daalde naarmate de belichtingsduur toenam. Op basis van het droge stofgehalte, was de oogstindex van aardbeiplanten die 0, 12, 14, 16 en 24 uur waren belicht namelijk respectievelijk 53, 66, 57, 49 en 29%. Bij te lang belichten met een hoge lichtintensiteit van zo'n 750 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ gaan er dus relatief weinig assimilaten naar de vruchten. Zoals al in de voorgaande paragraaf is vermeld, had dit te maken met verschillen in sink als gevolg van verschillen in overgang van de vegetatieve naar de generatieve fase. Bij meer dan 12 uur belichten duurde het 2 à 3 weken langer voordat de 2^e bloemtak ging bloeien en het aantal vruchten aan deze bloemtak was ook nog eens 25 à 30% lager. Bij 24 uur belichten werden er zelfs helemaal geen 2^e bloemtakken gevormd. Tussen de 1^e en 2^e bloemtak in, waren er bij 14 en 16 uur belichten ca. 2 maal zoveel bladeren dan bij 0 uren belichten. Het is de vraag of vergelijkbare resultaten worden verkregen als groeilicht wordt gebruikt met lagere lichtintensiteiten die in de praktijk gangbaar zijn.

De belangrijkste punten van par. 2.5:

Ook bij aardbei draait het om een goede balans tussen source en sink.

Een relatief lage etmaaltemperatuur bij junidragers geeft het hoogste vruchtgewicht, de beste productie en het hoogste suikergehalte, maar vertraagt de rijping en vruchten zijn minder dieprood van kleur.

De productieverschillen tussen planten zijn eigenlijk te groot om tijdens de teelt goed op plantbalans te kunnen sturen. Bij junidragers moet de spreiding van de bloemtakken al tijdens de opkweek worden gerealiseerd.

Bij een lange belichtingsduur in combinatie met een erg hoge lichtintensiteit kan het relatieve aandeel van de assimilaten dat naar de vruchten wordt getransporteerd, afnemen.

3 Discussie

Uit de literatuur komt naar voren dat aardbei een lichtbehoefstig gewas is. Het is daarom belangrijk dat de planten zo optimaal mogelijk van het licht gebruik kunnen maken. Dat betekent in de wintermaanden zoveel mogelijk zonlicht in de kas toelaten, waardoor er minder snel belicht hoeft te worden en op elektriciteit wordt bespaard. Om zoveel mogelijk van het licht te reflecteren naar het gewas is het belangrijk om de grond met wit doek of plastic te bedekken. Een wit gecoate kasconstructie draagt daar ook aan bij.

Groeilicht

Nederlandse aardbeitelers gebruiken nog maar relatief kort assimilatiebelichting. Er is dus nog niet zoveel ervaring met groeilicht, wel met dagverlenging door met gloeilampen (cyclische) belichting in de nacht toe te passen. Bij een doorteelt wordt in de wintermaanden namelijk stuurlicht toegepast om een tekort aan koude te compenseren. Voor de nog vaak gebruikte gloeilampen, zijn er nu goede alternatieven in de vorm van speciale ledlampen, die weliswaar duurder zijn maar veel energie besparen. Om jaarrond aardbeien van een goede kwaliteit te kunnen oogsten is het echter in de lichtarme maanden noodzakelijk om met groeilicht te werken. De verwachting is dan ook dat toepassing van groeilicht toe zal nemen. Het verbruik van elektrische energie stijgt hierdoor fors. Eenzelfde ontwikkeling is de laatste jaren ook bij tomaat te zien. Het is een uitdaging om het elektriciteitsverbruik duidelijk omlaag te brengen.

Door uitsluitend leds te gebruiken kan er volgens de huidige stand van zaken bij eenzelfde aantal belichtingsuren en lichtintensiteit als met SON-T, ruim 30% op elektriciteit worden bespaard. Met nog efficiëntere leds zal dit percentage in de nabije toekomst nog verder toenemen. Voor zover bekend is er in het onderzoek of de praktijk nog geen goede vergelijking bij aardbei gedaan tussen de teelt met alleen SON-T of alleen ledlampen. In het onderzoek is in meerdere teelten met tomaat aangetoond dat met wat aanpassingen goed met alleen leds geteeld kan worden. De verwachting is dat dit bij aardbei ook goed kan. Minder stralingswarmte op het gewas kan de groei en vruchtkleur wel wat vertragen, wat in koudere periodes moet worden gecompenseerd door meer warmte via de buizen te geven. Belichtende aardbeitelers hebben echter vaak warmte over welke weer afgelucht moet worden. Hoge etmaaltemperaturen verlagen het vruchtgewicht en daarmee de productie, terwijl de smaak ook negatief wordt beïnvloed. Dit komt vooral voor bij wat hogere buitentemperaturen, zoals die optraden in de laatste maanden van 2015.

Om een betere vruchtkwaliteit te realiseren, met name het suiker- en vitamine C-gehalte, is het gewenst om bij toepassing van belichting veel blauw in de led-armaturen te gebruiken. Uit oogpunt van energie- en lichtefficiëntie is dit echter zeer ongunstig. Zoveel mogelijk rood licht in de leds geeft juist een hoge energie- en lichtefficiëntie, met als gevolg een hoge productie. Als het doel is een grote energiebesparing in combinatie met een hoge productie, zal gekozen moeten worden voor zoveel mogelijk rode leds.

Er is nog weinig bekend over hoeveel licht er minimaal voor de verschillende groeistadia van de aardbeiplant nodig is. Dit zal nader onderzocht moeten worden. Hierbij kan gebruik gemaakt worden van onder meer fotosynthesemetingen op verschillende tijdstippen tijdens de teelt. Met de resultaten hiervan kan een groei-model specifiek voor aardbei worden ontwikkeld.

Blad wegnemen?

Te veel blad gaat ten koste van de vruchtproductie, dus er moet zodanig worden gestuurd dat er een balans ontstaat tussen vegetatieve en generatieve groei. Zoveel mogelijk van het beschikbare licht moet immers omgezet worden in vruchtproductie. Dit kan betekenen dat het zinvol is om in bepaalde stadia een jong blaadje, of juist ouder blad weg te nemen dat in de schaduw staat van erboven staand blad. Dit zou aan de hand van een goed groei-model berekend moeten worden, maar zo'n model ontbreekt nog voor aardbei. Beperking van de bladhoeveelheid betekent minder verdamping, wat energiebesparing oplevert. Als vruchten hierdoor meer in het licht komen te hangen, verbetert ook de uit- en inwendige kwaliteit. Dit wordt bevestigd in een recente demonstratieproef met gericht licht op de vruchten in het IDC Smaak bij Wageningen UR Glastuinbouw (Hanenberg *et al.* 2015).

In tegenstelling tot bij tomaat, waar het onderste blad bij rijpende trossen toch wordt weggenomen, wordt er bij aardbei in principe geen blad verwijderd. Eén of meer kleine blaadjes wegnemen betekent bij aardbei dan extra arbeid en dit moet afgezet worden tegen mogelijke winst op het gebied van productie, kwaliteit en energie.

Gasverbruik

Om energie te besparen zal zeer kritisch moeten worden gekeken of in de praktijk het gebruik van een minimumbuis kan worden geminimaliseerd en vaker kan worden gewerkt met een energiescherm. Volgens verschillende telers en adviseurs zijn de mogelijkheden echter beperkt om in de aardbeiteelt op gas te besparen. Afhankelijk van het plantstadium en periode worden er vooral in de nacht al vrij lage temperaturen gehandhaafd. Praktijkervaringen met een energiescherm zijn tot nu toe niet onverdeeld positief. Daarnaast is aardbei gevoelig voor Botrytis op de vrucht en de kelk en bij te weinig stoken kan in de herfst Mucor optreden. Het gebruik van een Ventilation jet in combinatie met een Aircobreeze zouden problemen met te hoog vocht onder het scherm en daarmee schimmelproblemen waarschijnlijk kunnen voorkomen. Het lijkt zinvol om in proeven na te gaan tot hoever men het gasverbruik nog kan verlagen, zonder concessies te doen aan de productie en kwaliteit. Bij groentegewassen is in ieder geval ook aangetoond dat verdere reductie van het gasverbruik mogelijk is zonder productie- of kwaliteitsverlies.

Aardbeienteelt over 10 jaar

Als naar de toekomst wordt gekeken, bijv. over 10 jaar, dan mag verwacht worden dat de schaalvergroting doorgaat en dat een aanzienlijk deel van de Nederlandse aardbeitelers zich dan gespecialiseerd heeft in het jaarrond telen en oogsten van aardbeien onder glas. Dit wordt bereikt door in meerdere kasafdelingen op verschillende tijdstippen zowel doordragers als junidragers te planten en in de donkere maanden van het jaar groeilicht met leds toe te passen. De inschatting is dat hierbij gedurende ca. 1750 uur met zeer energiezuinige leds wordt belicht met een lichtintensiteit van $160 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$. Dit betekent bij een verwachte energie-efficiëntie van de leds van $3.0 \mu\text{mol}/\text{W}$, een jaarlijks stroomverbruik van bijna $100 \text{ kWh}/\text{m}^2$. Ten opzichte van de huidige referentieteelt met eveneens 1750 uur belichten met $160 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ SON-T (energie-efficiëntie van $1.85 \mu\text{mol}/\text{W}$) en een elektriciteitsverbruik van $160 \text{ kWh}/\text{m}^2$, komt dit uit op een elektriciteitsbesparing van 38%. Met een huidig gasverbruik van 12 tot $18 \text{ m}^3/\text{m}^2$, moet het mogelijk zijn om door het nemen van energiebesparende maatregelen, o.a. via schermen en geen gebruik van een minimumbuis, op deze bedrijven met het gasverbruik onder de $10 \text{ m}^3/\text{m}^2$ uit te komen. Mede door efficiëntere ruimtebenutting en betere rassen zouden deze telers een gemiddelde jaarproductie moeten kunnen realiseren van zo'n $22 \text{ kg}/\text{m}^2$.

Een aantal ondernemers zullen naast het produceren in Nederlandse kassen, plastic kappen en tunnels, dan ook prima smakende rassen telen in zuidelijke landen om continu aan de markt te kunnen zijn. Momenteel worden Portugese aardbeien van het ras Elsanta in de winter echter onderbetaald door Nederlandse supermarkten omdat dit geen lokaal geteeld product is. Men geeft de voorkeur aan Nederlandse belichte aardbeien.

Naar een duurzame energiearme aardbeienteelt met belichting

Hieronder worden een aantal stappen beschreven om het energiegebruik, en dan met name het stroomverbruik, in vergelijking met een huidige belichte aardbeienteelt sterk te reduceren:

- Zo efficiënt mogelijke leds gebruiken in plaats van SON-T lampen. De nieuwste leds zijn ruim 45% efficiënter dan SON-T. Dit resulteert bij eenzelfde lichtintensiteit in een stroomverbruik t.o.v. de referentie van 110 i.p.v. 160 kWh/m², dus een vermindering van 31%).
- Gloeilampen vervangen door led stuurlichtlampen. Reductie stroomverbruik met 80% (0.5 i.p.v. 2.5 kWh/m² per jaar).
- De aardbei is een lichtbehoefstig gewas. Daarom moet de teelt plaatsvinden in een zo licht mogelijke kas gedekt met diffuus glas. Door in de donkere maanden minder te belichten is de geschatte elektriciteitsbesparing 5% zonder productieverlies.
- Meer naar behoefte van het gewas belichten aan de hand van berekeningen met een nog te ontwikkelen gewasmodel voor aardbei. Hiervoor zijn o.a. fotosynthese metingen benodigd. Mogelijk een besparing van 5 à 10%.
- Als sterk gericht wordt op kwaliteit (smaak en vitamines) lijkt het gewenst dat ledlampen een bepaald percentage blauw licht bevatten. Dit gaat echter ten koste van de energie-efficiëntie.
- Selectief jong blad verwijderen na de 1^e groeifase, indien mogelijk naar aanleiding van berekeningen met een gewasmodel. Door een lagere verdamping reductie van het warmteverbruik en waarschijnlijk een hogere productie (zie tomaat).
- Betere licht- en ruimtebenutting door toepassing van 'verlengde opkweek' of beweegbare goten. Dit mag niet resulteren in een mindere (inwendige) kwaliteit of meer ziekten. Rouleren qua gootpositie zou dit kunnen voorkomen.
- Temperatuur meer laten afhangen van de hoeveelheid licht, dus meer met het licht mee telen. Hoge temperaturen bij veel licht gaan echter ten koste van de stevigheid en houdbaarheid van de vruchten.
- Gebruik maken van een energiescherm, eventueel in combinatie met Ventilation Jet en Aircobreeze, en geen c.q. minder minimumbuis inzetten.

Aan de hand van het bovenstaande wordt ingeschat dat op dit moment door een combinatie van allerlei maatregelen, een besparing op elektriciteitsverbruik van minimaal 40% mogelijk moet zijn. De besparing op gasverbruik is wat minder duidelijk, maar wordt ingeschat op 20%. De vraag blijft wat de invloed hiervan is op de productie en kwaliteit. Dit zou nader onderzoek moeten uitwijzen.

Literatuur

Anonymous, 2015.

De Belichtingsnavigator. Rapportage Fase I. Rapport i.o.v. programma 'Kas als Energiebron', 28 p.
Bourgeois, H., 2004.

Early strawberries: importance of double-walled greenhouses. PHM Revue Horticole 458: 16-18.

Carlen, C., A.M. Potel en A. Ancay, 2009.

Photosynthetic response of strawberry leaves to changing temperatures. Acta Hort. 838: 73-76.

Casal, C., C. Vilchez, E. Forjan en B. de la Morena, 2009.

The absence of uv-radiation delays the strawberry ripening but increases the final productivity, not altering the main fruit nutritional properties. Acta Horticulturae 842: 159-162.

Casierra-Posada, F., I.D. Torres, en M.M. Blanke, 2013.

Fruit quality and yield in partially defoliated strawberry plants in the tropical highlands. Gesunde Pflanzen 65(3):107-112.

Choi, H., J. Kwon, B. Moon, N. Kang, K. Park, M. Cho en Y. Kim, 2013.

Effect of different light emitting diode (LED) lights on the growth characteristics and the phytochemical production of strawberry fruits during cultivation. Korean Journal of Horticultural Science & Technology 31(1): 56-64.

Delm, T. van, P. Melis en K. Stoffels, 2010.

Leds als stuurlicht bij aardbeien: fictie of toekomst? Proeftuinnieuws, 18 juni 2010, p. 17-21.

Delm, T. van, R. Vanderbruggen, P. Melis en K. Stoffels, 2012.

Vier weken vroeger met LED-assimilatiebelichting en temperatuurverhoging. Proeftuinnieuws 22 juni 2012, p. 27-29.

Delm, T. van, P. Melis en K. Stoffels, 2013.

Wat als de gloeilamp verdwijnt boven de aardbeien? Proeftuinnieuws, 18 oktober 2013, p. 22-25.

Delm, T. van, R. Vanderbruggen, P. Melis en K. Stoffels, 2014.

Vervroeging aardbeienseizoen met LED-assimilatiebelichting. Mogelijkheden en rendabiliteit. Proeftuinnieuws 17 oktober 2014, p. 24-27.

Delm, T. van, P. Melis en K. Stoffels, 2015.

Diverse LED-lampen als stuurlicht bij aardbeien. Proeftuinnieuws, 26 juni 2015, p. 22-24.

Dieleman, A., S. Clemens en E. Meinen, 2014.

Uniformiteit van het uitgangsmateriaal bij aardbei. Leidt het selecteren van stekken tot een uniforme productie? Wageningen UR Glastuinbouw, rapport GTB-1291, 46 p.

Dieleman, A., J. Janse, A. de Gelder, F. Kempkes, P. de Visser, P. Lagas, E. Meinen, M. Warmenhoven en A. Elings, 2015.

Tomaten belichten met minder elektriciteit. Wageningen UR Glastuinbouw, rapport GTB-1338, 74 p.

Dings, M., 2016.

Persoonlijke mededeling.

Dueck, T., D. Poudel, J. Janse en S. Hemming, 2009.

Diffuus licht – wat is de optimale lichtverstrooiing? Wageningen UR Glastuinbouw, rapport 308, 34 p.

Dueck, T., J. Janse, F. Kempkes, T. Li, A. Elings en S. Hemming, 2012.

Diffuus licht bij tomaat. Wageningen UR Glastuinbouw, rapport GTB-1158, 57 p.

Elsacker, P. van, I. Impens en H., Liesse, 1989.

Photosynthesis-response surface of strawberry in relation to light, CO₂ and temperature. Revue de l'Agriculture 42(4):649-662.

Fletcher, J. M., A. Tatsiopolou, P., Hadley, F.J., Davis, R.G.C. Henbest, 2004.

Growth, yield and development of strawberry cv. 'Elsanta' under novel photoselective film clad greenhouses. Acta Hort. 663: 99-106.

Gelder, A. de, J. Sanders en J. Oussoren, 2015.

De teler als architect van het gewas. Presentatie workshop Energiek 2020 Event, 26 maart 2015.

Gottdenker, J. S., Giacomelli, G. A. en E. Durner, 2001.

Supplemental lighting strategy for greenhouse strawberry production (Fragaria x Ananassa Duch. cv. Sweet Charlie). Acta Hort. 559: 307-312.

- Hanenberg, M. A. A., J. Janse en W. Verkerke, 2015.
LED Light to improve Strawberry Flavour, Quality and production. InnoHort symposium Avignon, juni 2015, Acta Hort., in press.
- Hemming, S., F. Noort, J. Hemming en T. Dueck, 2007.
Effecten van diffuus licht bij potplanten. Wageningen UR Glastuinbouw, Nota 454, 40 p.
- Hidaka, K., A. Okamoto, T. Araki, Y. Miyoshi, K. Dan, H. Imamura, M. Kitano, K. Sameshima en M. Okimura, 2014.
Effect of photoperiod of supplemental lighting with light-emitting diodes on growth and yield of strawberry. (Special Issue: Protected production systems.) Environmental Control in Biology 52(2): 63-71.
- Kadir, S., G. Sidhu en K. Al-khatib (2006).
Strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) growth and productivity as affected by temperature. Hortscience 41(6): 1423-1430.
- Kamakura, H. en Y. Sushido (1994).
The effect of daytime, nighttime, and mean diurnal temperatures on the growth of "Morrika-16" strawberry fruit and plants. Journal of the Japanese Society of Horticultural Sciences 62(4): 827-822.
- Kanto, T., K. Matsuura, T. Ogawa, M. Yamada, M. Ishiwata, T. Usami en Y. Amemiya, 2014.
A new UV-B lighting system controls powdery mildew of strawberry. Acta Hort. (1049): 655-660.
- Kudo, R., Y. Ishida en K. Yamamoto, 2011.
Effects of green light irradiation on induction of disease resistance in plants. Acta Horticulturae 907: 251-254.
- Kempkes, F., R. Maaswinkel, P. van Weel, A. van Laarhoven, M. Beekers en P. Geelen, 2010.
Het nieuwe telen van aardbeien. Topkwaliteit aardbeien telen met 14 kuub gas. Wageningen UR Glastuinbouw, Rapport GTB-1036, p. 82.
- Lieten, F., 1997.
Effects of chilling and night-break treatment on greenhouse production of 'Elsanta'. Acta Hort 439: 633-640.
- Lyu, C.-B., W.-J. Yang, en K.-T. Li, 2014.
Partial defoliation and runner removal affect runnering, fruiting, leaf photosynthesis and root growth in 'Toyonoka' strawberries for subtropical winter production. Horticulture, Environment, and Biotechnology 55(5): 372-379.
- Marcelis, L. en A. de Gelder, 2013.
50% elektrabesparing door betere lichtbenutting in kassen. Notitie Wageningen UR Glastuinbouw.
- Melis, P., T. van Delm en K. Stoffels, 2015.
Aardbeien telen op een hoger niveau. Proeftuinnieuws 16 oktober 2015, p. 26-29.
- Nestby, R., en N. Trandem, 2013.
Supplemental LED growth light in remontant strawberry at high latitudes. Journal of Berry Research 3(4): 217-226.
- Nishiyama, M. en K. Kanahama, 2009.
Effect of light quality on growth of everbearing strawberry plants. Acta Hort. 842: 151-154.
- Reinders, U., 2015.
Extra smaak door extra led-belichting. Kas Magazine, januari 2015, p. 30-32.
- Stallen, J., 2014.
Proefcentrum Hoogstraten kijkt naar teelt en techniek. Groenten & fruit, 11 juli 2014, p. 40-41.
- Stallen, J., 2015.
Aandacht voor juni- én voor doordragers. 'Meerle' onderzoekt aardbeien van alle kanten. Groenten & Fruit, 29 mei 2015, p. 39-41.
- Velden, P. van, 2015.
Open gewas kan productie vervroegen en energie besparen. Filosoferen over Het Nieuwe Gewas. Onder Glas, 6/7: 14-15.
- Wada, Y., T. Soeno en Y. Inaba, 2010.
Effects of light and temperature on photosynthetic enhancement by high CO₂ concentration of strawberry cultivar Tochiotome leaves under forcing or half-forcing culture. Japanese Journal of Crop Science 79: 192-7 (English abstract).
- Wagstaffe, A. en N.H. Battey, 2004.
Analyses of shade and temperature effects on assimilate partitioning in the everbearing strawberry 'Everest' as the basis for optimised long-season fruit production. Journal of Horticultural Science & Biotechnology 79(6): 917-922.

- Wang, S.Y. en M.J. Camp, 2000.
Temperatures after bloom affect plant growth and fruit quality of strawberry. *Scientia Horticulturae* 85:183-199.
- Wang, J. en H. Wang, 2014.
Effects of shade on strawberries in hydroponic cultivation. *Acta Hort* (1049): 733-736.
- Watson, R., C.J. Wright, T. McBurney, A.J. Taylor en R.S.T. Linforth, 2002.
Influence of harvest date and light integral on the development of strawberry flavour compounds. *Journal of Experimental Botany* 53 (377): 2121-2129.
- Xu, K., Y. Guo, S. Zhang, W. Dai en Q. Fu, 2006.
Effect of light quality on plant growth and fruiting of Toyonoka strawberry (*Fragaria x ananassa*) cultivar. *Journal of Fruit Science*, 23(6): 818-824.
- Xu, K., Y. Guo, S. Zhang, W. Dai en Q. Fu, 2007.
Effect of light quality on the fruit quality of 'Toyonoka' strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.). *Acta Horticulturae Sinica* 34(3):585-590.
- Xu, F., L. Shi, W. Chen, S. Cao, X. Su en Z. Yang, 2014.
Effect of blue light treatment on fruit quality, antioxidant enzymes and radical-scavenging activity in strawberry fruit. *Sxi. Hort* 175: 181-186.
- Yamada, H., H. Nakamura en T. Shimizu, 1977.
Studies on the effect of light quality on the growth and development of vegetable crops. I. Effect of light quality from white light, after removal of various spectra, on the growth of several vegetable crops. *Bulletin of the Vegetable and Ornamental Crops Research Station*, 3: 43-61.
- Yoshida, H., S. Hikosaka, E. Goto, H. Takasuna en T. Kudou, 2012.
Effects of light quality and light period on flowering of everbearing strawberry in a closed plant production system. *Acta Hort.* 956: 107-112.
- Yun, H. K. en K.C. Yoo, 1992.
Photosynthetic character at various growing stages in strawberry (*Fragaria grandiflora* Ehrh.). *Journal of the Korean Society for Horticultural Science* 33(1): 16-20.
- Zhang, W. en G. Yang, 2006.
A study on photosynthesis of virus-free *Fragaria daltoniana*. *Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis* 28(1): 55-58
- Zhao, M, Y. Lin, Y. Cai, M. Xie, G. Jiang en Y. Wu, 2008.
Effect of different light quality on the contents of strawberry pigments during ripening. *Acta Agriculturae Zhejiangensis* 20(1): 64-66.

To explore
the potential
of nature to
improve the
quality of life



Wageningen UR Glastuinbouw
Postbus 20
2665 ZG Bleiswijk
Violierenweg 1
2665 MV Bleiswijk
T +31 (0)317 48 56 06
F +31 (0) 10 522 51 93
www.wageningenur.nl/glastuinbouw

Glastuinbouw Rapport GTB-1397

Wageningen UR Glastuinbouw initieert en stimuleert de ontwikkeling van innovaties gericht op een duurzame glastuinbouw en de kwaliteit van leven. Dat doen wij door toepassingsgericht onderzoek, samen met partners uit de glastuinbouw, toeleverende industrie, veredeling, wetenschap en de overheid.

De missie van Wageningen UR (University & Research centre) is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen UR bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van stichting DLO en Wageningen University hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.000 medewerkers en 9.000 studenten behoort Wageningen UR wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.