

Aardbei onder controle I:
naar een
fossielvrije jaarrondteelt



Januari 2024

G. Trouwborst, V. Theelen, B. Jongenelen, M. Wiekens & R. van Endschoot

Aardbei onder controle I: naar een fossielvrije jaarrondteelt

Januari 2024

G. Trouwborst¹, V. Theelen², B. Jongenelen², M. Wiekens¹ & R. van Endschot²

¹Plant Lighting B.V.

Doordraai 1

3981 PE, Bunnik

²Delphy ISFC

Kreuzelweg 3B

5961 NM Horst

G. Trouwborst, V. Theelen, B. Jongenelen, M. Wiekens & R. van Endschoot. 2024. Aardbei onder controle I: naar een fossielvrije jaarrondteelt. Plant Lighting B.V., Bunnik 83p.



© 2024 Plant Lighting B.V.

Dit rapport is tot stand gekomen in samenwerking met het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit en Glastuinbouw Nederland in het kader van het programma Kas als Energiebron, ter stimulering van energiebesparende maatregelen in de tuinbouw. Het onderzoek is mede mogelijk gemaakt door bijdragen vanuit Signify, Stichting Aardbei Onderzoek, Fresh Forward en Plant Sciences. De resultaten mogen vrij gebruikt worden, mits de bronnen worden vermeld.

Plant Lighting B.V. is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen als gevolg van gebruik van gegevens uit dit rapport.

Inhoudsopgave

SAMENVATTING	5
DANKWOORD	7
1 INLEIDING	8
2 MATERIAAL EN METHODEN	10
2.1 Opkweek plantmateriaal	10
2.2 Behandelingen.....	10
2.3 Ligging en eigenschappen kas.....	11
2.4 Teelt	13
2.5 Metingen.....	14
3 KLIMAATSTRATEGIE: LICHT EN TEMPERATUUR.....	15
4 RESULTATEN ENERGIE	20
4.1 Energie in belichting.....	20
4.2 Gasverbruik voor kasverwarming	21
4.3 Buiswarmte in beide afdelingen	24
4.4 Energiebalans kas	27
4.5 Terugblik en vooruitblik energiebesparing	29
4.6 Conclusies energie	29
5 RESULTATEN TEELT.....	31
5.1 Plantbelasting en oogst.....	31
5.2 Hoofdlijnen teelt	39
5.3 Gewashoogte.....	39
5.4 Conclusies teelt	41
6 RESULTATEN ASSIMILATENBALANS.....	43
6.1 Aanpak.....	43
6.2 Source	44
6.3 Sinks.....	53
6.4 Assimilatenbalans.....	56
6.5 Conclusies assimilatenbalans.....	60
7 CONCLUSIES EN SLOTBESCHOUWING.....	62
7.1 Conclusies.....	62
7.2 Slotbeschouwing.....	63
REFERENTIES	65
BIJLAGE 1. BLOEMONDERZOEK.....	66
BIJLAGE 2. LICHTSPECTRUM EN LICHTVERDELING	69
BIJLAGE 3. VLOERPLAN.....	71
BIJLAGE 4. OVERIGE RESULTATEN	72

Samenvatting

Inleiding

De aardbeienteelt staat voor de uitdaging om op termijn fossielvrij te worden. Besparen op het energieverbruik is hierin de eerste stap. Rond 2021/2022 lagen de verbruikscijfers voor de productie met opeenvolgende teelten met een gekoelde junidrager rond de 15m³ gas en 200kWh voor SON-T per vierkante meter. Het hier beschreven onderzoek had de ambitie om het energieverbruik te halveren voor gas en elektriciteit door kasisolatie met schermen en te belichten met LED. Hiernaast wordt gestreefd naar een systeeminnovatie door een andere wijze van telen. De huidige jaarrond teeltwijze met een gekoelde junidrager wordt gekenmerkt door elkaar opeenvolgende teelten van 3-4 maanden die eerst een vegetatieve fase kennen en vervolgens een generatieve fase. Een oogstpiek met een ongewenst lage vruchtmaat is hierbij vrijwel onvermijdelijk, terwijl juist een continue en relatief gelijkmatige productie wenselijk is. Tijdens de oogstpiek wordt er zo koel mogelijk geteeld en kan er niet of nauwelijks geteeld worden volgens de principes van Het Nieuwe Telen (maximale kasisolatie en voorkomen van afluchten van warmte). In beschreven onderzoek is er met verse (niet gekoelde) 'low chill' junidrager (Fandango en Inspire) geteeld onder tros-inducerende omstandigheden. De potentiële productie is dan veel hoger omdat niet een aantal keer per jaar een opbouwfase van het gewas benodigd is en oogstpieken en dalen worden vermeden als het lukt om de plant in balans te houden. Het project kende twee hoofddoelen: (1) halvering van de input van gas en elektriciteit per vierkante meter: respectievelijk van 15 naar 7.5m³ en van 200kWh/m² naar 100kWh; en (2) jaarrond trosinducerend telen in balans waarbij in de winter een oogst van ruim 500g/m²/week kan worden behaald.

Proefopzet

Er waren twee kasafdelingen van ieder 200m² met ieder een eigen daglengte-strategie. In de eerste afdeling werd gewerkt met een vast LED-spectrum assimilatielicht + cyclische belichting, in de tweede met een dynamisch spectrum assimilatielicht. In het najaar werd in de eerste afdeling de natuurlijke dag tot 12 uur verlengd met cyclisch belichting en in de tweede afdeling met puur verrood of rood afhankelijk van de strekking. In de belichtingsperiode werd vanaf week 47 in de eerste afdeling een 'korte' dag van 12 uur aangehouden. In de tweede afdeling is stapsgewijze de dag verlengd tot 18 uur met rood licht als nabelichting. Eerder onderzoek heeft uitgewezen dat met dit spectrum een lange dag kan worden belicht zonder dat de trosinductie stopt. De lichtsommen werden gelijk gehouden. Vanaf week 12 is in beide afdelingen de daglengte verkort tot 12.5 uur om zo een tros-inducerende daglengte aan te houden en vruchtvrucht te hebben in het late voorjaar en de zomer. Zeven weken voor het einde van de proef is in de eerste afdeling een natuurlijke daglengte aangehouden en in de tweede afdeling 14 uur daglengte.

Resultaten energie

De besparing in elektra naar ruim 100kWh/m² ligt grotendeels voor rekening van de overstap van SON-T naar LED. De nabelichtingskas bespaarde 7% in elektriciteit vanwege de hogere

energie-efficiëntie van het rode licht. De warmtevraag is geminimaliseerd door gebruik te maken van een transparant energiedoek en een lichtuitstootscherm. Hierdoor lag het gasverbruik van de 12-uurskas (kas zonder buitengevel) op $7\text{m}^3/\text{m}^2$. Het verbruik van de 18-uurskas (kas met buitengevel) lag twee keer zo hoog. Gecorrigeerd voor het geveleffect heeft de nabelichtingsstrategie rond de 2.5m^3 extra gekost. Het hogere verbruik komt doordat er in de avonduren een verdampend gewas onder gesloten schermen stond waardoor er is gekozen om 17°C luchttemperatuur aan te houden om kans op condensatie te verkleinen. Hiervoor moest extra worden gestookt.

Resultaten teelt

Om eerder in productie te komen, is een deel van de planten het afgelopen jaar tijdens de opkweek verduisterd tot zo'n 10 uur daglengte op het trayveld. In september 2022 zijn deze planten in de kas geplant. De verduisterde planten waren zo'n twee weken eerder in productie. Voldoende groeigraduren trosinductie maken op het trayveld is een voordeel om de niet-vrucht dragende fase in de kas korter te maken. Eind oktober werd waargenomen dat Fandango beperkt strekte en zijneuzen aan het ontwikkelen was. Achteraf gezien waren dat al tekenen van (beginnende) dormancy. Eind december werden er ook kenmerken van dormancy geconstateerd bij Inspire: bladeren strekten niet meer door, bleven kleiner en er trad meer tip-burn op. Door middel van cyclische belichting is gepoogd beide rassen uit dormancy te trekken. Naast remming van de strekking van de jonge bladeren gaf dormancy een pauze in de trosinductie of doorgroei van de trossen en daardoor ook in oogst waardoor de $500\text{g}/\text{m}^2/\text{week}$ in de winter niet is behaald. Ook raakte hierdoor de plant uit balans waardoor er weer (te hoge) oogstpieken en dalen optraden. Uiteindelijk kwam de best producerende behandelingen van Inspire uit op ruim $17\text{kg}/\text{m}^2$. Dit is vrij hoog voor aardbei. Echter doordat de planten uit balans waren, had dit een negatief effect op de vruchtmaat. Het blijkt dat voor een verse (niet gekoelde) Fandango een daglengte van rond de 12 uur te kort is om dormancy te vermijden: kenmerken van dormancy kwamen niet alleen in het najaar, maar verrassend genoeg ook in het voorjaar naar voren. Bij Inspire was dit alleen in het najaar. Vanaf week 47 was de daglengte in de 18-uurskas langer dan 12 uur met rood nabelichting. Dit heeft dormancy niet kunnen voorkomen. Mogelijk had de nabelichting weken eerder al moeten worden aangezet. Het verduisteren in het voorjaar heeft wel voor een doorgaande trosinductie gezorgd zodat er tot het einde van de proef in week 28 vruchten zijn geoogst.

Conclusies en slotbeschouwing

Vanuit energie gezien was de proef succesvol: De input van gas en elektriciteit is gehalveerd. Rood nabelichten met een hoge intensiteit heeft kWh's bespaard en gas gekost. Zolang er niet actief ontvochtigd wordt, is dit dus alleen een optie bij voldoende restwarmte (WKK). Rood licht op stuurlichtniveau waarbij de temperatuur mag dalen zou wel kunnen. Voor succesvolle implementatie in de praktijk van deze manier van telen moet (diepe) dormancy vermeden worden om zo beter in balans te telen voor een gelijkmatigere oogst, vruchtmaat en planbaarheid van de productie. Daarom zal de basisdaglengte van 12 uur wel moeten worden verhoogd. De precieze daglengte om geen dormancy te krijgen maar wel trosinductie is nog onbekend. Waarschijnlijk speelt de temperatuur ook nog een rol.

Dankwoord

Dit rapport geeft de resultaten weer van een onderzoek naar mogelijkheden voor energiebesparing in de belichte aardbeienteelt. Dit door een geheel andere manier van telen dan de gangbare praktijk. In plaats van opeenvolgende korte teelten met een gekoelde junidrager is jaarrond trosinducerend geteelt met verse junidragers. Het onderzoek vond plaats in twee proefkassen van Delphy ISFC te Horst. Dit onderzoek is ondersteund door het programma 'Kas als Energiebron', gefinancierd door het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit en Glastuinbouw Nederland, Signify, Fresh Forward, Plant Sciences en Stichting Aardbei Onderzoek.

We willen een aantal personen nog met name hartelijk bedanken voor hun bijdrage in de BCO: Peter van den Eertwegh (Brookberries), Rob van Enckevort (Peelkroon), Robin Stolk (Van den Avoird Trayplant), Tijs van Dijk & Ruud Venner (Fresh Forward), Klaas de Jager (Greenery) Juul Franssen (Plant Sciences), Jan Robben (Flevoberry), Peer Hermans & Erik Stappers (Signify), Arno Loos (kwekerij Loos), Timothy Mies & Peter Hereijgers (Van Oers Fruit), Rob van Leijsen, (Jongfruit), Rob Joosten (Genson), Boudewijn van de Wal (Dutch Berries), Robert van Meer (De Ruwenberg), Jan van Genderen & Erik Gerichhausen (Royalberry), Wil Beekers (Berryworld).

Henny van Gurp (Glastuinbouw Nederland, Stichting aardbei onderzoek) wordt bedankt voor het coördineren van de BCO's. Als laatste willen we de onderzoekscoördinatoren Dennis Medema, Robert Solleveld, Marjolijn Valkenhoef en Leo Oprel van het programma Kas als Energiebron bedanken voor hun steun bij de totstandkoming en uitvoering van dit project.

Januari 2024,

Sander Hogewoning, Plant Lighting

1 Inleiding

Denkkader aardbei: inducerend telen

Het areaal aardbei onder glas in Nederland groeit flink door. In 10 jaar tijd is het areaal verdubbeld. Het areaal is in 2020 op 450 hectare glasaardbeien geschat en de verwachting is dat het in 2030 rond de 800 hectare zal liggen. Een jaarrondproductie is mogelijk door gebruik te maken van belichting tijdens de winterperiode. Op dit moment worden op het overgrote deel van het areaal glas gekoelde junidrager geteeld. Deze teelt kenmerkt zich door eerst een relatief lange periode van vegetatieve ontwikkeling en vervolgens vruchtbaarheid. Een oogstpiek is hierbij vrijwel onvermijdelijk. Een continue en relatief gelijkmatige productie is wenselijk. De potentiële productie is dan veel hoger, omdat niet opnieuw een opbouwphase van het gewas benodigd is. Ook is dan de energetische efficiëntie veel hoger.

Om continu te kunnen oogsten zal men toe moeten naar 'inducerend telen' waardoor een plant een continue vruchtbaarheid heeft. Net als in de tomatenteelt. Hier liggen kansen door te telen met een verse junidrager onder tros-inducerende omstandigheden (daglengte onder de 14 uur door te gaan verduisteren in de zomer—nog geen praktijk) of door een doordrager te telen. Echter, bij inducerend telen blijkt het een grote uitdaging om in balans te telen. Als de planten overbelast raken, neemt in eerste instantie de vruchtmaat af. Ook kan er een pauzeperiode ontstaan waarin geen nieuwe trossen ontwikkelen. Controle over de trossaanleg is dus cruciaal om in balans te telen. Een voor de hand liggend sturingsmechanisme is daglengte. Een lange daglengte leidt er bij junidrager (korte-dag plant) toe dat ze geen trossen meer induceren. Bij doordrager (lange-dag plant) creëer je door een lange dag juist een over-inductie waardoor er een oogstpiek komt en daarna een pauzestand ontstaat. Echter, bij een het verkorten van de daglengte neemt de lichtsom af en dat kost weer productie. Vooral in de winter is dat een probleem, want daarvoor compenseren met een hogere intensiteit belichting is kostbaar en ook ongewenst met het oog op de nachtelijke warmtevraag. Idealiter wordt zo lang mogelijk belicht voor een zo hoog mogelijke assimilatie tegen de laagste energie- en investeringskosten, maar dan met behoud van controle over de trossaanleg. De productiepotentie van inducerend telen is enorm: Vanuit de fotosynthese bezien, zou er uiteindelijk een vergelijkbare productie als jaarrond paprika uit moeten kunnen komen (Tabel 1). Teeltconcept en veredeling lopen hierbij hand in hand.

Tabel 1. Behaalde producties bij tomaat, paprika en aardbei in de praktijk of in proeven. Op basis van drogestof zit er nauwelijks verschil in productie tussen tomaat en paprika. Aardbei ligt hier ver onder. Voor een groot deel wordt dat veroorzaakt door een lagere lichtonderschepping per vierkante meter kas.

	ONBELICHT [KG/M²/JAAR]	BELICHT [KG/M²/JAAR]
TOMAAAT	70 (4%DS → 2.8 kg droog)	90 (4%DS → 3.6 kg droog)
PAPRIKA	35 (8%DS → 2.8 kg droog)	45 (8%DS → 3.6 kg droog)
AARDBEI	15 (8%DS → 1.2 kg droog)	20 (8%DS → 1.6 kg droog)

Probleemstelling onderzoek

Door LED-belichting slim in te zetten is het in klimaatcellen gelukt om de assimilatenproductie te scheiden van de effecten van daglengte op bloei (Trouwborst *et al.* 2023). Dit door een lange dag te geven met een aangepast lichtspectrum, zonder dat dit bij een junidrager ten koste gaat van trosinductie, terwijl dit bij een doordrager toch niet te veel inductie geeft. Opschaling van dit concept kan een doorbraak betekenen voor de aardbeienteelt onder glas.

Uiteindelijk moet er een klimaatneutrale rendabele aardbeienteelt komen. Omdat aardbei een relatief koele teelt is, lijkt dit goed haalbaar. Allereerst gaat het er dan om de (met fossiele energie ingevulde) warmtevraag te minimaliseren en uiteindelijk tot nul te reduceren. Juist door een combinatie van teelttechnieken (systeeminnovatie met verse junidrager) kan de fossiele warmtevraag verder terug worden gebracht. Overdag kan de energiebehoefte ingevuld worden door zonnestraling en belichting, zo nodig met een gesloten energiescherm. In de onbelichte nacht moet er maximaal geïsoleerd worden om convectie- en uitstralingsverliezen te minimaliseren. Daarbij is nachtelijke afkoeling bij aardbei zelfs gewenst, omdat een positieve DIF (positief verschil dag-nachttemperatuur) bijdraagt aan maximalisatie van de strekking en verlaging van de etmaaltemperatuur. Dit laatste is belangrijk voor de vruchtgrootte van de aardbei. Pas als de temperatuur onder een bodemwaarde van 9-10°C wegzakt, wordt er gestookt. De verwachting was dat door de nacht korter te maken met maximaal 30W straling via (stuur)licht (nabelichting) deze minimumtemperatuur niet of zelden meer zal worden bereikt en er nauwelijks meer hoeft te worden bijgestookt. Dit bleek niet correct te zijn voor de tijd dat de nabelichting aanstond vanwege vochtophoping (Hoofdstuk 4).

Doelstellingen

Het project kende twee hoofddoelen:

- Halvering van de input van gas en elektriciteit per vierkante meter
- Jaarrond trosinducerend telen in balans waarbij in de winter een oogst van ruim 500g/m²/week kan worden behaald.

Voor energie was de doelstelling halvering van de input van gas en elektra ten opzichte van een traditioneel belichte teelt met zo'n 15m³/m² gas en 200kWh/m² SON-T (Elings *et al.* 2023). De reductie in elektra komt voor rekening van de LED-belichting: bij een gelijke lichtintensiteit bespaart dit rond 2022/2023 45% aan elektriciteit. Het gasverbruik is verminderd door globaal volgens de principes van het Nieuwe Telen het afluchten van warmte te voorkomen en de kas door een energiescherm (Luxous 1147) en een lichtuitstootscherm (Obscura 9950) te isoleren.

Voor de plant was de doelstelling om jaarrond tros-inducerend te telen met een verse niet-gekoelde 'low chill' junidrager. In de winter door het beproeven van twee daglengtes tijdens de belichte winterperiode (een relatief korte trosinducerende daglengte én een lange daglengte met rood nabelichting waarbij de trosinductie doorgaat. En in de zomer door de natuurlijke daglengte in de lente/zomer in te korten zodat de plant trossen blijft induceren. Hiernaast was de doelstelling om zo gelijkmatig mogelijk te produceren met zo'n 500-600 gram//m²/week in de winter.

2 Materiaal en methoden

2.1 Opkweek plantmateriaal

De cultivars Fandango en Inspire zijn gestekt en opgekweekt door Delphy ISFC in verschillende maten stektrays: Tray, minitray en plug (respectievelijk 250, 135 en 80 cc per plug). Hoe kleiner de pluggrootte, hoe generatiever een plantje gemiddeld genomen is. De stekdata zijn opgenomen in Tabel 2&3. De helft van de planten zijn verduisterd op het trayveld om de trosinductie te vervroegen en 9 september 2022 uit te planten in de kas. De andere helft is via de natuurlijk afnemende daglengte geïnduceerd om 23 september 2022 uit te planten in de kas. Door middel van bloemonderzoek is nagegaan hoever de planten waren geïnduceerd op het moment van uitplanten in de kas (Bijlage 1). Aangezien op 29 augustus de verduisterde planten nog niet ver genoeg waren geïnduceerd, werd besloten de verduistering te verlengen van 1 naar 9 september. Fandango had bij vroege en de late planting gemiddeld 4600 en 4100 groeigraaduren bij de start van de teelt. Inspire had bij vroege en de late planting gemiddeld 3700 en 3100 groeigraaduren bij de start van de teelt. Bij het planten in de kas zijn de planten opgeschoond, wat wil zeggen dat oud/verkleurd blad is verwijderd.

2.2 Behandelingen

Tabel 2 geeft de behandelingen weer. Het bijbehorende vloerplan staat weergegeven in Bijlage 3. In het rapport wordt alleen ingegaan op de vier behandelingen in de minitray met natuurlijke inductie en inductie via verduistering op het trayveld. In Bijlage 4 staan extra resultaten van de andere behandelingen.

De volgende hoofd- en deelvragen zijn opgesteld:

- Wat is de beste strategie om inducerend te telen: 'korte' of 'lange' dag?
 - Voor het belichtingsseizoen varieerde de daglengte afhankelijk van de gewenste sturing tussen de 12-14 uur/dag in beide afdelingen.
 - Tijdens het belichtingsseizoen zijn de volgende daglengtes aangehouden per afdeling:
 - Afdeling 5 een 12-uursdag met een RBWFR-spectrum tot maximaal 250 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ PAR, 11 mol/m^2 PAR/dag.
 - Afdeling 6 een stapsgewijze opbouw naar 18 uur per etmaal. 12 uur lang een RBWFR-spectrum en tot maximaal 6 uur nabelichting met puur rood licht, respectievelijk 8 en 3 mol/m^2 PAR/dag. In het voorjaar is er stapsgewijze afgebouwd.
 - Na het belichtingsseizoen is ervoor gekozen om in beide afdelingen de daglengte zoveel mogelijk op 12.5 uur te houden om doorgaande trosinductie tot in de zomer te bewerkstelligen. Om deze reden is er in deze afdeling actief verduisterd met het lichtuitscherm. Deze verduistert voor 99% en kan op den duur mogelijk teveel licht doorlaten wat door de plant alsnog als daglengte

wordt waargenomen. Een lichtuitstootscherm inzetten als daglengteverkortung kent dus z'n technische beperkingen.

- In de zomer (vanaf week 21) is in afdeling 5 op den duur overgegaan op een natuurlijke daglengte waardoor de daglengte langer werd dan in afdeling 6.

Aangezien er voor en na het belichtingsseizoen de daglengte anders was (Figuur 3), kan er niet van een kortedag- of langedag-afdeling gesproken worden en blijven beide afdelingen aangeduid worden met afdeling 5 of 6 (afd5 en afd6).

- Kan de productie in het najaar vervroegd worden met een verse (niet gekoelde) plant?
 - Hiervoor is een verduisterde opkweek (10-12 uur daglengte) geplant op 9 september 2022 vergeleken met een niet verduisterde opkweek (natuurlijke inductie) geplant op 23 september. De verduistering is handmatig uitgevoerd door dagelijks een verduisterend scherm over de planten op het trayveld te trekken van 8 augustus tot 9 september waardoor er een daglengte van 10-12 uur werd verkregen.
- Welk planttype werkt het best om planten in balans te telen?
 - Hiervoor zijn drie planttypes gebruikt: tray, minitray (hoofdbehandeling), of plug. Deze gegevens staan in Bijlage 4 weergegeven.

Tabel 2. Behandelingen per kasafdeling. Schuingedrukt zijn hoofdbehandelingen in de minitray en plug. Per behandeling waren er twee rassen: Fandango en Inspire. Bij planttype 'tray' is geen behandeling met natuurlijke daglengte. Het oorspronkelijke plan was om de vroege planting 1 september uit te planten. Omdat echter uit bloemonderzoek bleek dat de trosinductie nog niet ver genoeg was is dit uitgesteld naar 9 september. In het rapport worden alleen de eerste twee behandelingen maal twee rassen voor beide kasafdelingen besproken. De productie van de andere behandelingen staat in Bijlage 4 weergegeven.

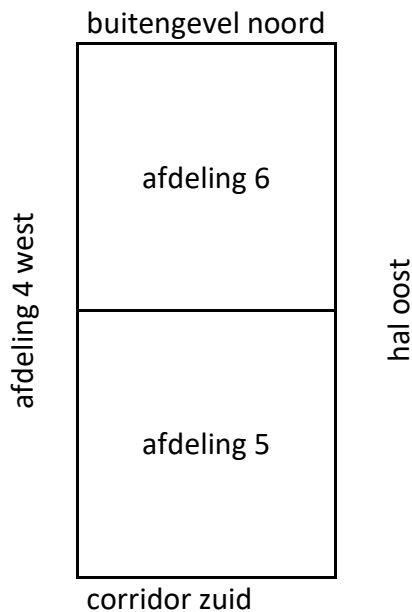
NR GOOT	PLANTDATUM	DAGLENGTE OPKWEK	PLANTTYPE	STEKDATUM	LENGTE RIJ
5 EN 6	9-sep	Verduisterd 10-12u DL	Minitray	22-jun	Hele rij
9 EN 11	23-sep	Natuurlijke daglengte	Minitray	26-jul	Hele rij
3	9-sep	Natuurlijke daglengte	Minitray	26-jul	Halve rij
8 EN 10	23-sep	Verduisterd 10-12u DL	Minitray	22-jun	Hele rij
4 EN 7	9-sep	Verduisterd 10-12u DL	Plug	22-jun	Hele rij
12 EN 13	23-sep	Natuurlijke daglengte	Plug	26-jul	Hele rij
2	9-sep	Verduisterd 10-12u DL	Tray	22-jun	Halve rij
1	23-sep	Verduisterd 10-12u DL	Tray	22-jun	Halve rij

2.3 Ligging en eigenschappen kas

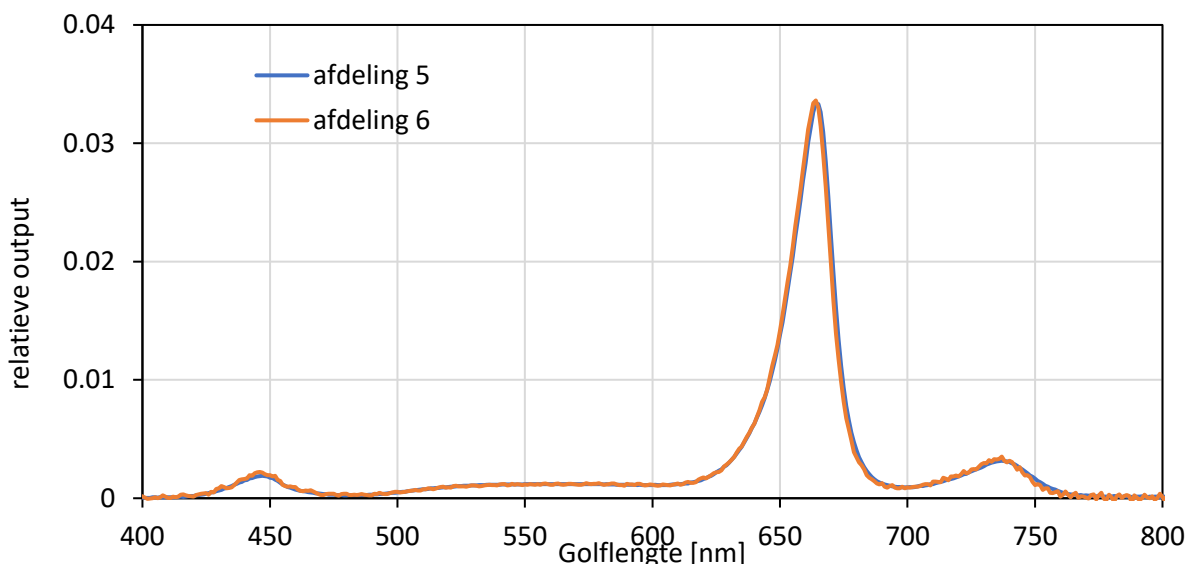
Er werd gekweekt in afdeling 5 en 6, beide 200m² oppervlak (16m breed en 12.5m diep). Afdeling 6 heeft echter een buitengevel aan de noordkant, terwijl afdeling 5 alleen binnengevels heeft (Figuur 1). Dit maakt het lastiger om een zuivere conclusie over energieverbruik te kunnen trekken. Zie verder Hoofdstuk 4.

In de proef is gebruik gemaakt van een standaard hangend gootsysteem met een rijafstand van 1.1m. Voor de verwarming van de kas werd gebruik gemaakt van een buisrail (51mm) tussen elke goot en een groeibuis (32mm) onder elke goot. De lampen waren geleverd door Signify. De lampen gaven het volgende spectrum: 6% blauw, 10% groen, 74% rood en 11%

verrood licht (Figuur 2). Deze lamp bevat drie aanstuurbare kanalen: puur verrood, puur rood en een kanaal met rood, wit en blauw. Hierdoor kon er tot $150\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ PAR als nabelichting worden gegeven. De lichtintensiteiten werden dusdanig gekozen dat er in beide afdelingen een gelijke lichtsom werd gerealiseerd. In de winter is maximaal $11\text{ mol}/\text{m}^2$ PAR bijbelicht. Dit was voor afdeling 6 $8\text{ mol}/\text{m}^2$ belichting 'overdag' met het gehele spectrum en 's avonds als nabelichting $3\text{ mol}/\text{m}^2$ puur rood. De gemeten lichtverdeling in het compartiment staat weergegeven in Bijlage 2. In beide afdelingen was er een lichtuitstootscherm (Obscura 9950 FR W) en een energiescherm (Luxous 1147).



Figuur 1. Ligging afdeling 5 en afdeling 6. Afdeling 6 heeft buitengevel van 16m breed aan noordkant, afdeling 5 heeft een corridor aan de zuidgevel. Beide afdelingen hebben 12.5m gevel grenzend aan afdeling 4 en aan de hal.



Figuur 2. Lichtspectrum lampen in beide afdelingen. De lampen bevatten 6% blauw, 10% groen, 74% rood en 11% verrood licht. In de winter is maximaal 11 mol PAR bijbelicht in beide afdelingen. Dit was voor afdeling 6 8 mol belichting tijdens de basisdaglengte van 12 uur met het gehele spectrum en 3 mol puur rood nabelichting.

2.4 Teelt

De planten werden uitgeplant in standaard 18l containers. De teelt vond plaats op standaard aardbeiengoten met een rijafstand van 1.1m. De goten waren 10m lang. Watergift vond plaats naar behoefte, met een standaard bemestingsschema voor aardbei. Tabel 3 geeft de tijdslijn van de proef weer.

Tabel 3. Belangrijkste handelingen in de proef. Afdeling 5 had in de winter een korte daglengte van 12 uur en afdeling 6 gedurende de winter een lange dag tot maximaal 18 uur.

WEEK-NUMMER	DATUM	ACTIES
25	22-6-2022	stekken voor vroege planting
30	26-7-2022	stekken voor late planting
32	8-8-2022	start verduistering op trayveld van de vroege planting
36	9-9-2022	uitplanten vroege planting (verduisterd voor vervroegde inductie)
38	23-9-2022	uitplanten late planting (onverduisterd voor natuurlijke inductie)
39	30-9-2022	dagverlenging tot 13:30 uur na zon op met flowering bulb in afdeling 5 en met 10 $\mu\text{mol}/\text{m}^2$ verrood in afdeling 6
43	26-10-2022	start assimilatiebelichting van zon op tot 0:45 voor zon onder, afschakelen bij 100W. Dagverlenging tot 12:00 uur na zon op met flowering bulb in afd5 en met 10 μmol rood in afdeling 6
47	23-11-2023	nabelichting rood assimilatielicht in afdeling 6 met 2:45 uur, totaal 14:45 uur daglengte
49	5-12-2022	nabelichting rood assimilatielicht in afdeling 6 met 4:00 uur, totaal 16 uur daglengte
50	12-12-2022	nabelichting rood assimilatielicht in afdeling 6 met 6:00 uur, totaal 18 uur daglengte
51	21-12-2022	inzet cyclische belichting beide afdelingen: blok1, 5 dagen 24 uur
52	31-12-2022	inzet cyclische belichting beide afdelingen: blok2, 5 dagen 24 uur
2	10-1-2023	inzet cyclische belichting beide afdelingen: blok3, 5 dagen 24 uur
7	16-2-2023	nabelichting rood assimilatielicht in afdeling 6 van 18:00 tot 22:00, totaal 16 uur daglengte
11	15-3-2023	nabelichting rood assimilatielicht in afdeling 6 van 18:00 tot 20:00, totaal 14 uur daglengte
12	20-3-2023	nabelichting rood assimilatielicht uit
13	2-4-2023	assimilatiebelichting uit, daglengte op 12.5 uur via verduistering
21	24-5-2023	einde verduistering afdeling 5, daglengte afd. 6 naar 13.5 uur
27	3-7-2023	einde verduistering afdeling 6, natuurlijke daglengte
28	10-7-2023	einde proef

2.5 Metingen

De metingen laten zich onderverdelen in aan de hand van de doelstellingen op het gebied van energie, teelt en de assimilatenbalans. De assimilatenbalans is opgesteld om na te gaan of het bruikbaar is als stuurmiddel om meer in balans te kunnen telen.

Energie:

- Elektriciteitsverbruik in kWh: Belichtingsuren en intensiteit en efficiency
- Gasverbruik in m³: teller op klimaatcomputer en berekening via buiswarmte (Nawrocki, 1985)

Teelt:

- Klimaat: PAR, Temperatuur, CO₂ en RV door middel van de klimaatbox en fytawatches
- Plantbelasting (bloemen plus gezette vruchten)
- Oogst (productie, vruchtgewicht en sortering)
- Brix
- Bladsteelstrekking (incidenteel voor inzet flowering bulb)

Assimilatenbalans:

- LAI, eerst eens per twee weken en vervolgens maandelijks non-destructief via twee lengtemetingen per samengesteld blad
- Aantal bladeren, tegelijkertijd met de LAI-meting
- LMA (leaf mass per area; soortelijk bladgewicht), maandelijks een bladsample waar bladoppervlak en drogestof van het blad zijn gemeten
- Alle drogestof van de meetplanten: oude bladeren, trossen, en vruchtoogst gemeten van de bak waar ook plantbelasting is gemeten
- Destructieve oogst van 1 bak bij proefbeëindiging opgesplitst in verschillende plantonderdelen: blad, bladsteel, rhizoom en vruchten (bloemen, knoppen, trossen, ranken)
- Lichtuitdoving met een lijnsensor (Li-191R), maandelijks in de winterperiode
- Gewasbreedte in cm, maandelijks
- Fotosynthesemetingen ter parametrisatie van het fotosynthesemodel: winter, voorjaar, zomer

3 Klimaatstrategie: licht en temperatuur

Figuur 3 geeft de daglengte gedurende de proef weer. In Tabel 3 staan de belangrijkste acties weergegeven en worden nogmaals opgesomd met betrekking tot daglengte:

- Tot week 39 is de natuurlijke daglengte aangehouden in beide kassen.
- Vanaf week 39 is de dag verlengd naar 13.5 uur. In afdeling 5 met flowering bulbs en in afdeling 6 met 10 $\mu\text{mol}/\text{m}^2$ puur verrood.
- In week 43 is vanwege de planthoogte (strekking) van Inspire de daglengte teruggebracht naar ruim 12 uur. In afdeling 5 is dit uitgevoerd met flowering bulbs. In afdeling 6 is het puur verrood vervuild voor 10 $\mu\text{mol}/\text{m}^2$ puur rood licht. Dit werd gedaan omdat het gevaar voor overstrekking bij Inspire aanwezig was. Fandango was visueel al op weg naar dormancy: korte, kleine, dikkere en donkergroene bladeren (Foto 1) en meer zijneusvorming. In theorie zou er dus tegenstrijdig gestuurd hebben moeten worden: een blok cyclische belichting met de flowering bulbs voor Fandango en juist niet voor Inspire. Er is gekozen om Inspire als stuurraas te zien.
- In week 47 is in afdeling 6 de dag verlengd met puur rood nabelichting op assimilatielichtniveau van een kleine 15 uur naar ruim 18 uur in week 50.
- Vanaf week 51 zijn er in beide kassen 3 blokken cyclische belichting (5 dagen aan en 5 dagen uit) gegeven omdat beide rassen kenmerken van dormancy lieten zien: jonge bladeren strekten niet meer door (bleven korter dan oude bladeren), een stokkende trosverschijning gepaard gaande met veel tip-burn. Of er een oorzakelijk verband is tussen dormancy-kenmerken en tip-burn is de vraag. Wel ligt het voor de hand dat een stokkende groei (minder vruchten en minder nieuw ontwikkelende bladeren), de waterbalans in de plant fors verandert.
- Vanaf week 7 is de rood nabelichting in afdeling 6 afgebouwd en uitgezet in week 12.
- Vanaf week 12 is de daglengte met het lichtuitscherm (99%; dus geen donkerscherm) gehouden op 12.5 uur. Vervolgens liet Fandango opnieuw een 'dormancy'-reactie zien: korte kleine bladeren (Foto 2).
- Vanaf week 21 is in afdeling 5 vanwege de ligging op zuid (Figuur 1) de natuurlijke daglengte aangehouden en in afdeling 6 op 13.5 uur gehouden met het lichtuitscherm. Dit om na te gaan of Fandango alsnog weer uit 'dormancy' zou komen. Dit was inderdaad het geval. Zie voor een indruk van het gewas bij eind oogst Foto 3 (Bijlage 4). De totale lichtsom verschilde tussen beide kassen rond de 2.5% over de hele teelt. De daglengteverkortening vanaf week 21 heeft dus betrekkelijk weinig licht gekost (Figuur 3).

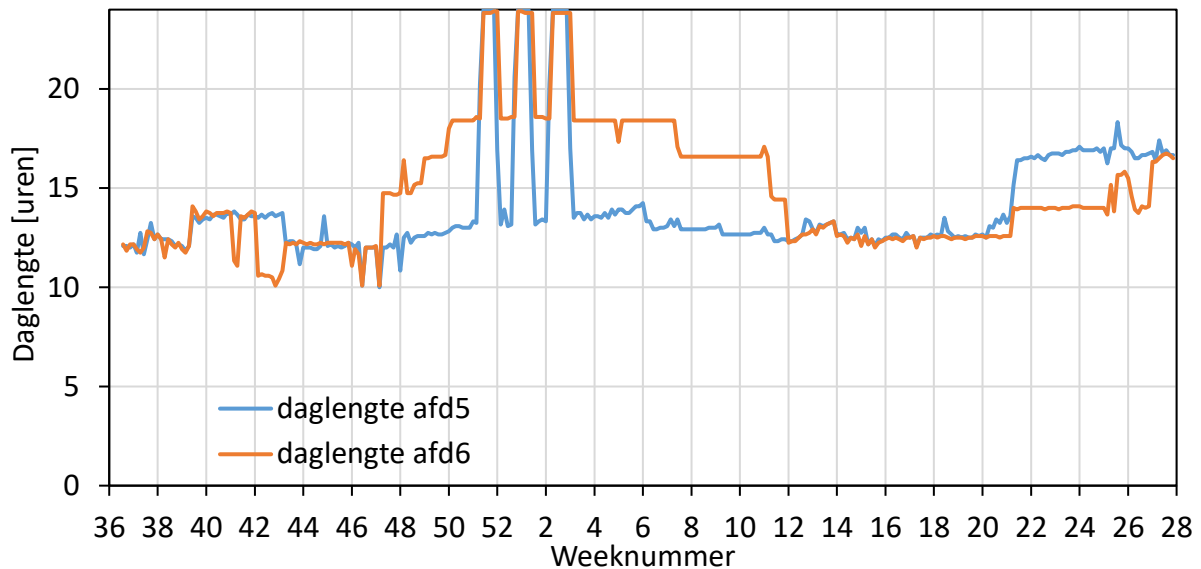


Foto 1. Inspire (links) en Fandango (rechts) oktober 2022. Fandango laat kenmerken van 'dormancy' zien: beperkte strekking, en kleiner, dikker en donkerder groen blad, en zijneusvorming.

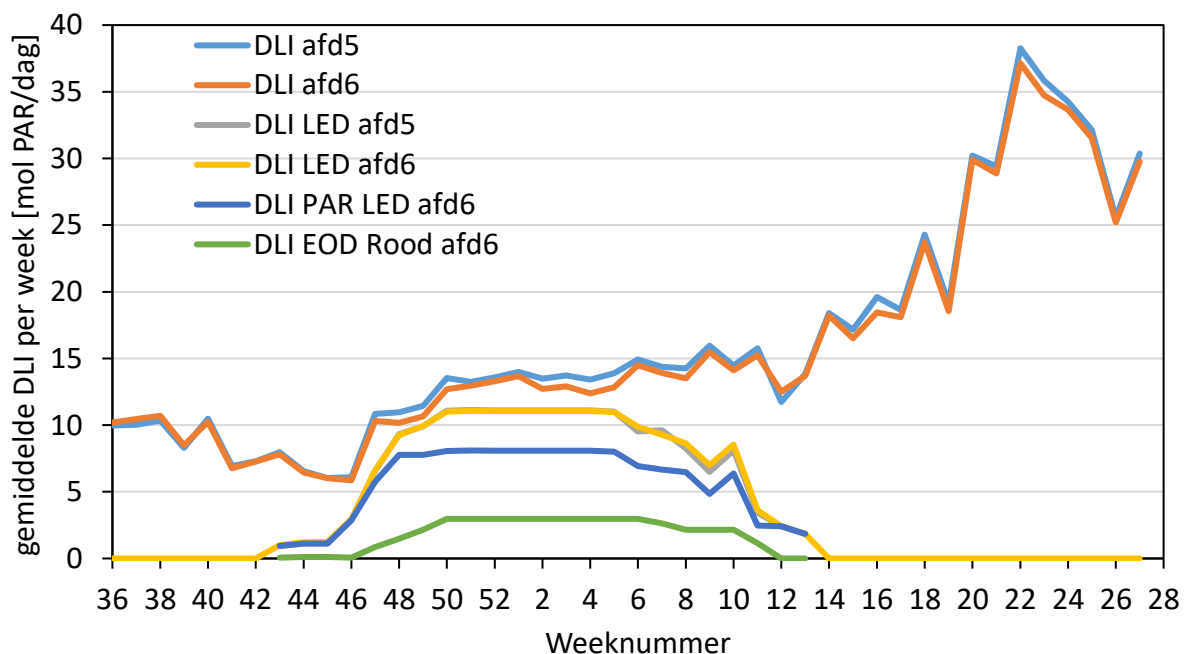


Foto 2. Inspire (links) en Fandango (rechts) in mei 2023. Fandango laat kenmerken van 'dormancy' zien: beperkte strekking, en kleiner, dikker blad.

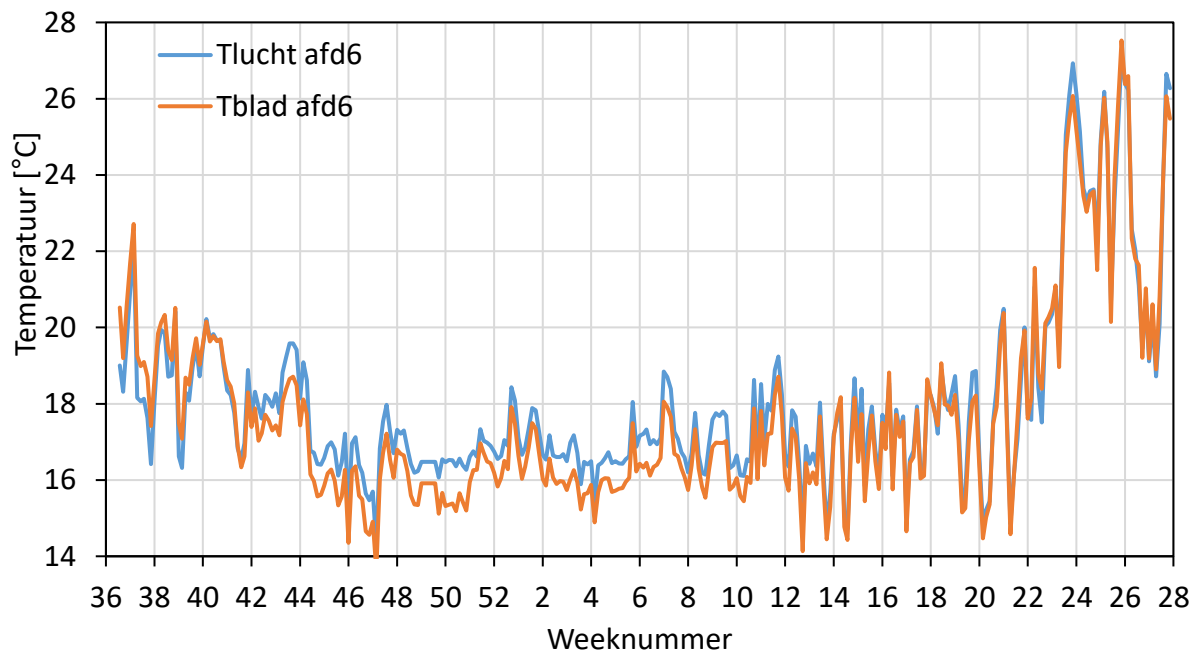
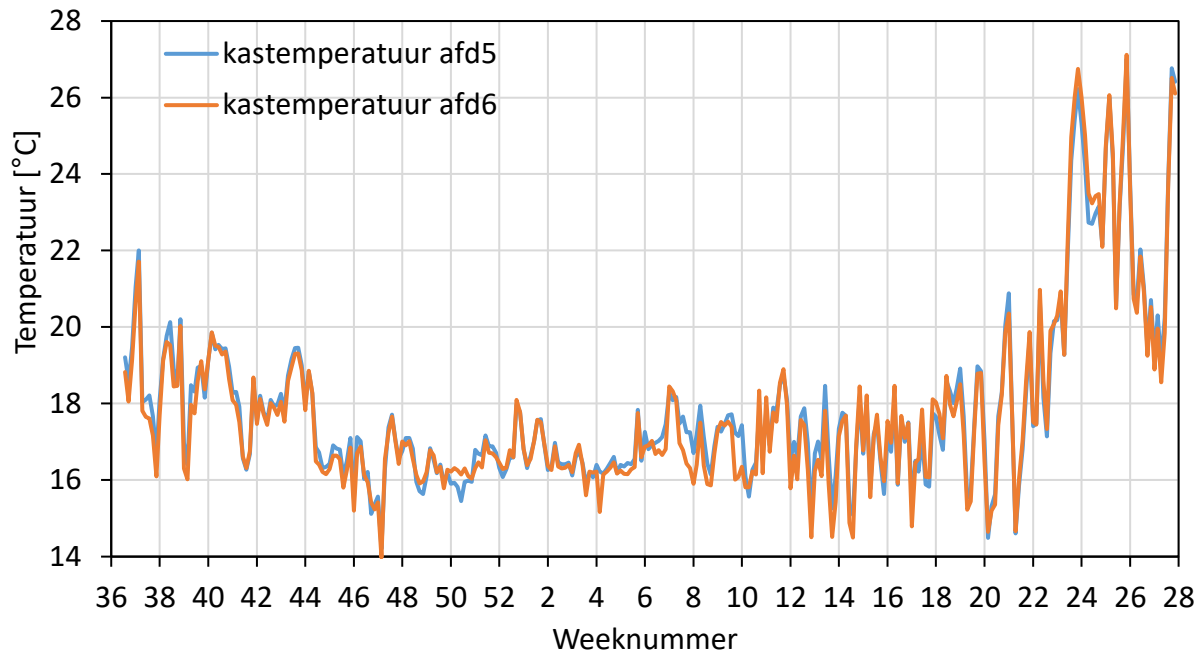
Figuur 4 geeft de lichtsom weer. In de winter is maximaal 11.1 mol PAR bijbelicht. Dit was voor afdeling 6 8.1 mol belichting 'overdag' en 3 mol puur rood nabelichting. De kasttemperatuur lag in de winter tussen de 16-17°C (Figuur 5). Van week 42 tot week 13 lag de planttemperatuur gemiddeld 0.7°C onder de ruimtetemperatuur. Tot week 45 is er nauwelijks CO₂ gedoseerd. In de winter lag de CO₂-concentratie in afdeling 6 duidelijk lager. Na week 18 ligt het CO₂-gehalte fors lager dan in de wintermaanden (Figuur 6).



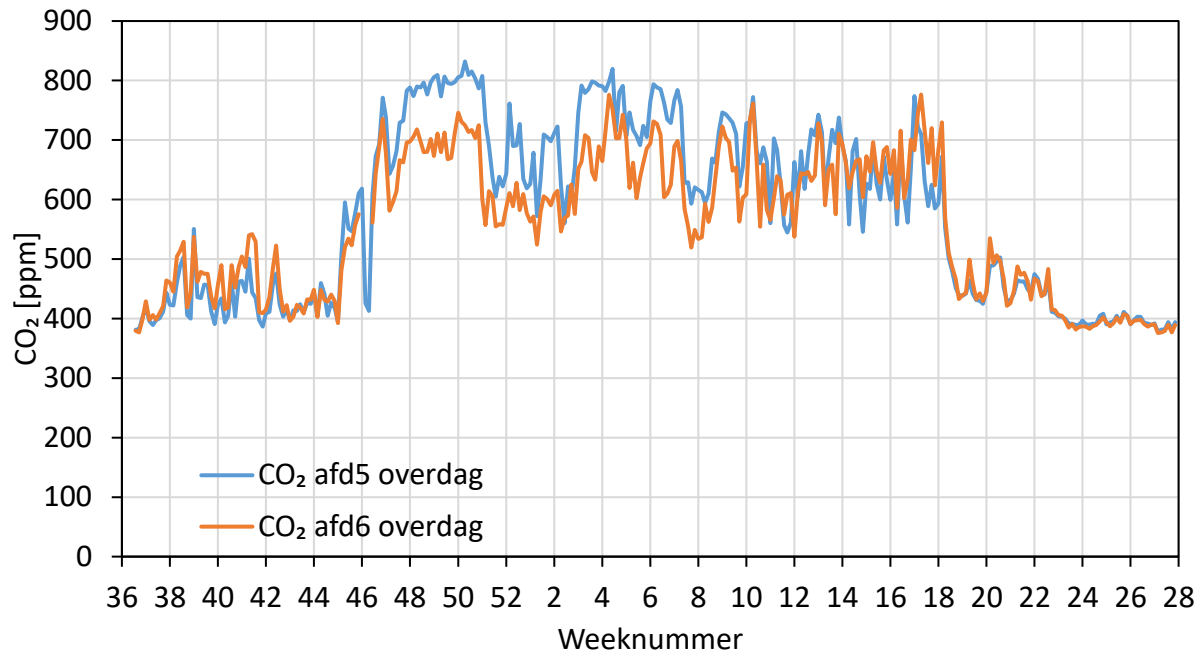
Figuur 3. Verloop van de berekende daglengte in de afdelingen 5 en 6. De daglengte is berekend op grond van de gemeten output van de PAR-sensoren in de kas en de registratie van de cyclische belichting die niet wordt waargenomen door de PAR-sensoren. In week 42 was er een storing in het belichtingssysteem waardoor de dagverlenging in afdeling 6 niet was aangegaan. Tijdens de BCO van week 43 werd besloten om de daglengte terug te brengen naar ruim 12 uur om de strekking van Inspire enigszins te remmen. Rond de jaarwisseling heeft de cyclische belichting in beide afdelingen drie keer 5 dagen op rij aangestaan. In week 13 stopte de belichting en werd via het lichtuitstootscherm de daglengte op 12.5 uur gehouden. Dit resulteerde in doorgaande trosinductie, maar Fandango vertoonde opnieuw kenmerken van dormancy. In week 21 is vanwege de ligging op zuid van afdeling 5 overgegaan op natuurlijke daglengte en afdeling 6 op 13.5 uur gebleven tot bijna einde proef.



Figuur 4. Lichtsom in gemiddelde DLI (Daily Light Integral in mol PAR/m²/dag) per week gemeten door de PAR-meters op de fytafwatches in afdeling 5 en 6. In de winter is maximaal 11.1 mol licht gegeven. Dit was voor afdeling 6 8.1 mol belichting 'overdag' en 3 mol puur rood nabelichting. De totale lichtsom verschilde tussen beide kassen rond de 2.5% over de hele teelt. De daglengteverkorting vanaf week 21 heeft dus betrekkelijk weinig licht gekost.



Figuur 5. Gemiddelde kasttemperatuur in afdeling 5 en 6 van de klimaatbox (boven) en lucht- en planttemperatuur van de fytagrowth in afdeling 6 (onder). Wat opvalt is dat vanaf week 42 tot ongeveer week 13 de planttemperatuur gemiddeld 0.7°C onder de luchttemperatuur ligt.



Figuur 6. Gemiddelde CO₂-concentratie overdag (daglicht boven de 1 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ PAR). In de winter lag de CO₂-concentratie in afdeling 6 duidelijk lager.

4 Resultaten energie

Voor energie was de doelstelling halvering van de input van gas en elektra ten opzichte van een traditioneel belichte teelt met zo'n 15m³/m² gas en 200kWh/m² SON-T. De reductie in elektra komt voor rekening van de LED-belichting: bij een gelijke lichtintensiteit bespaart dit rond 2022/2023 45% aan elektriciteit. Het gasverbruik is verminderd door volgens de principes van het Nieuwe Telen het afluchten van warmte te voorkomen en de kas met schermen (energiescherm en lichtuitstootscherm) te isoleren.

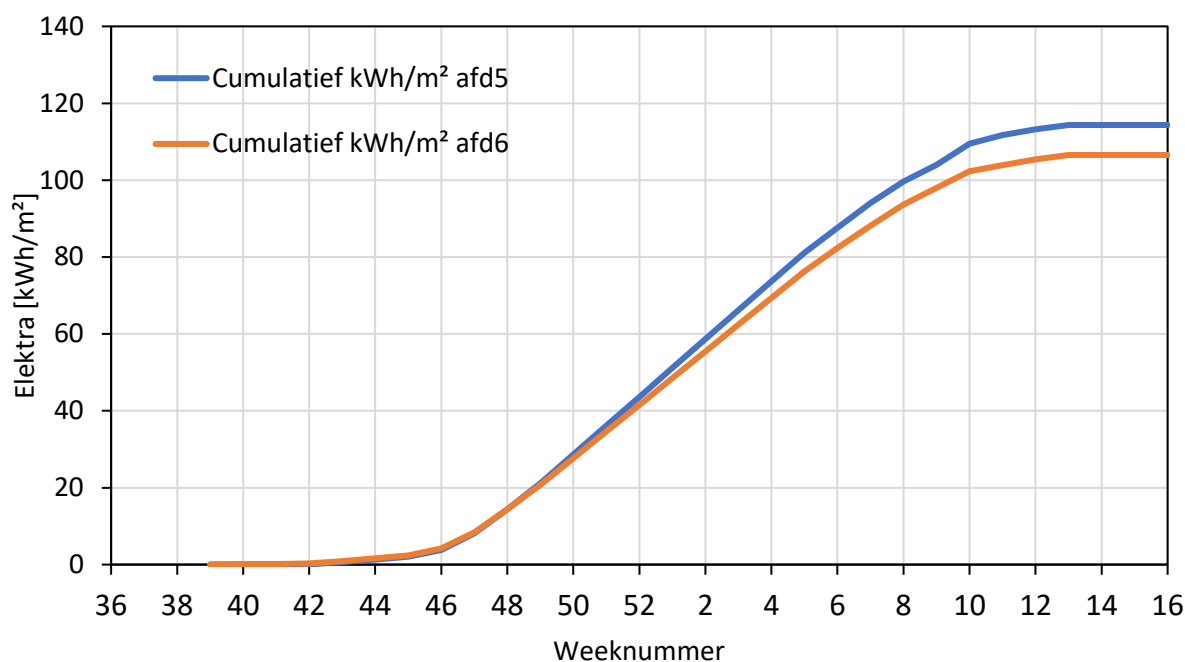
4.1 Energie in belichting

Het energieverbruik in belichting is berekend via de registratie van het aantal belichte uren met de bijbehorende intensiteit en bijbehorende lampefficiëntie (Tabel 4). De resultaten staan weergegeven in Figuur 7. Er is 114kWh/m² en 107kWh/m² verbruikt in respectievelijk afdeling 5 en 6 bij een gelijke PAR-som belichting. Dit verschil komt omdat de nabelichting rood met 3.9 $\mu\text{mol}/\text{J}$ energetisch efficiënter is dan het gehele spectrum met 3.2 $\mu\text{mol}/\text{J}$. Vanuit de fotosynthese en de energie-efficiëntie bezien zou het aantal nabelichtingsuren met puur rood gemaximaliseerd kunnen worden: dus eerst 's avonds belichten voordat er overdag wordt belicht. Hier staat tegenover dat onder een lange belichte dag de verdamping ook op gang blijft waardoor er in de avond een relatief hogere temperatuur van 17°C is aangehouden om problemen met de RV te voorkomen. Dit heeft meer energie gekost en wordt toegelicht in paragraaf 4.2 en 4.3.

Het is bekend dat de lichttransmissie van kleine proefkassen niet hoog is. In de donkerste weken kan dit wel dalen naar 40% terwijl een grote kas op 50% blijft. Er kan dus een verschil van 10 procentpunt ontstaan. Over het hele belichtingsseizoen van week 43 tot 13 (23 weken) was er ongeveer 1435 mol PAR zonlicht buiten de kas. Een 10 procentpunt lagere kastransmissie kost dus 143.5 mol PAR gratis licht. Over het hele belichtingsseizoen kost dit dus zo'n 12.5 kWh/m² extra belichten om op de gewenste PARsom te komen. In een commerciële kas zou het elektriciteitsverbruik dus net onder de 100kWh/m² gebleven zijn.

Tabel 4. Gebruikte lampefficiëntie in $\mu\text{mol}/\text{W}$ om kWh-verbruik in de proef te berekenen. Bij een halvering van de lichtoutput van de lamp stijgt de energie-efficiëntie met zo'n 10%.

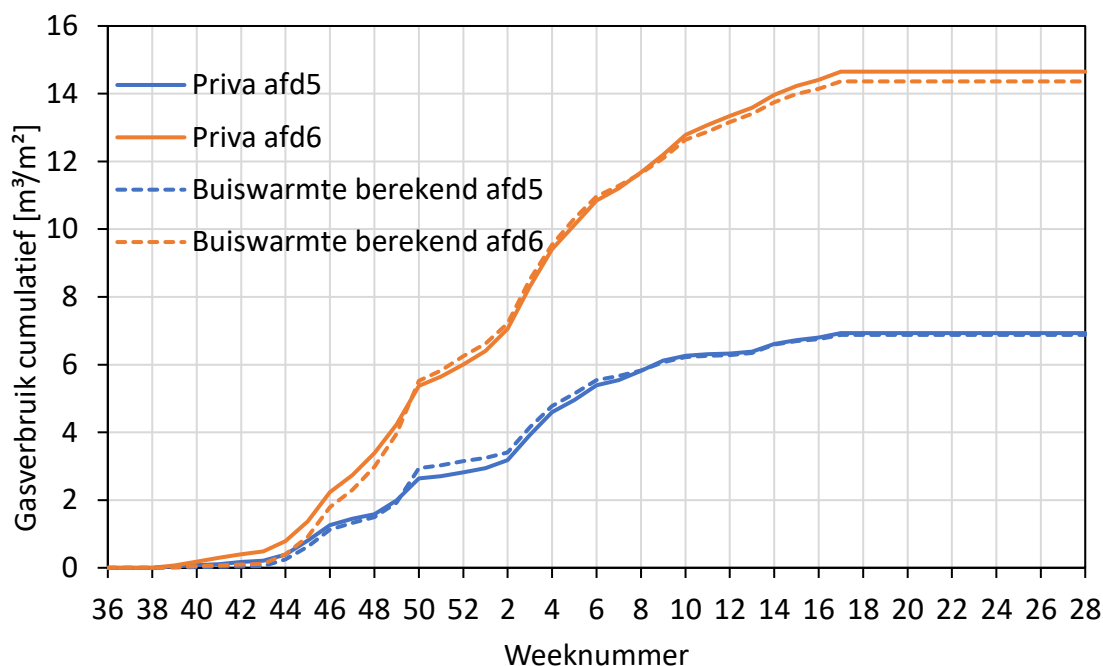
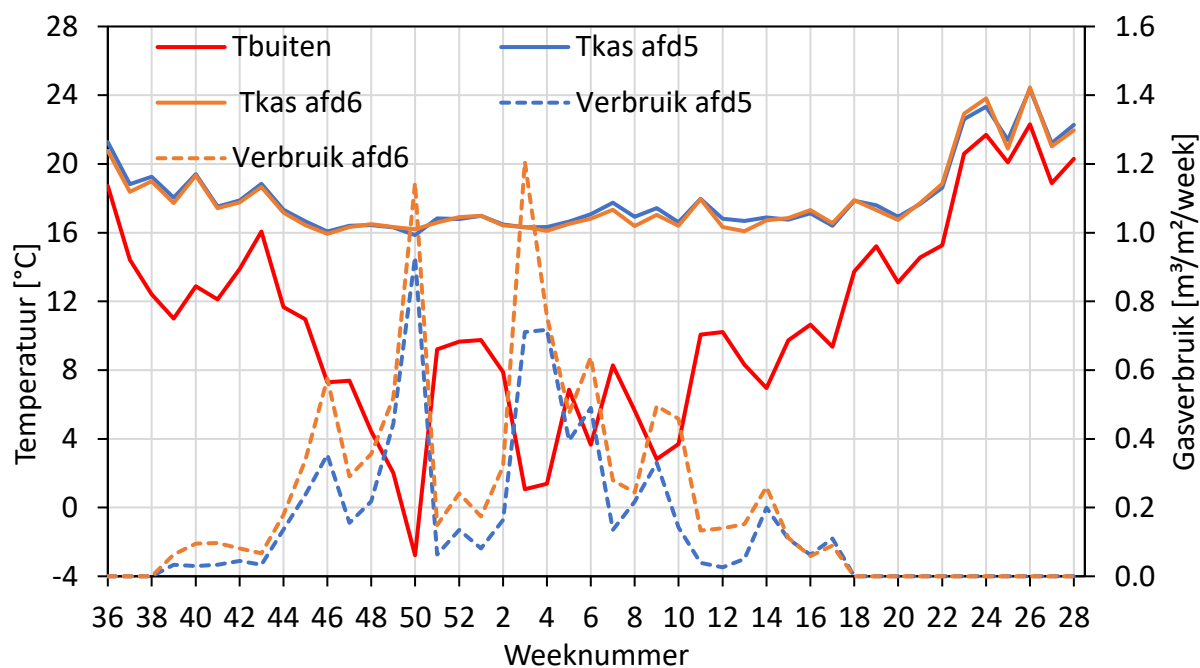
INTENSITEIT	RBWFR	ROOD	FR
100	3.5	3.9	3
125	3.5	3.9	
150	3.4	3.9	
175	3.4		
200	3.3		
225	3.2		
250	3.2		
275	3.2		



Figuur 7. Inzet belichting in kWh in beide afdelingen. Er is gerekend met de lampefficiënties zoals vermeld in tabel 4. Rood nabelichting is energetisch efficiënter, daarom is in afdeling 6 7.5kWh (7%) minder verbruikt dan in afdeling 5 bij een gelijke PARsom belichting. In kleine onderzoeksafdelingen kan de transmissie in het belichtingsseizoen zo'n 10 procentpunt lager liggen dan de praktijk. Van week 43 tot en met week 13 was er ~1435mol PAR zonlicht buiten de kas. Een 10 procentpunt lagere kastransmissie kost dan 143.5 mol PAR bij een efficiency van 3.2 $\mu\text{mol}/\text{W}$ kost dit 12.5kWh/m² voor het hele belichtingsseizoen, dus ongeveer 10% van het totale verbruik in het gehele belichtingsseizoen.

4.2 Gasverbruik voor kasverwarming

De onderzoeksafdelingen waren niet uitgerust met energiemeters. Een schatting van de verbruikte energie is gemaakt via het berekende verbruik van de klimaatcomputer (Priva) en via een berekening op basis van luchttemperatuur en kastemperatuur (Nawrocki, 1985). De 'Nawrocki'-berekening kan op compartimentsniveau worden uitgevoerd op basis van de totale buislengte in het hele compartiment inclusief de extra buizen aan de gevel of alleen voor een vierkante meter gewas. In het laatste geval wordt aangenomen dat de extra buizen aan de gevel compenseren voor het geveleffect op temperatuur. Tabel 6 laat zien dat het geveleffect in een commerciële kas zeer klein is ten opzichte van een proefkas. Overigens wordt door de telers het geveleffect in een commerciële kas in absolute zin als groot ervaren. Zogezien is het geveleffect van een kleine kas zéér groot.



Figuur 8. Wekelijkse gasverbruik in relatie met de binnen- en buitentemperatuur (boven) en cumulatief gasverbruik (onder) in beide afdelingen. Het gasverbruik in afdeling 6 lag twee keer zo hoog. Grotendeels wordt dit veroorzaakt doordat afdeling 6 een buitengevel heeft en afdeling 5 niet. Daardoor is het glasoppervlak dat grenst aan de buitenlucht 1.5 keer zo groot. Hiernaast heeft ook de gevolgde temperatuursstrategie tijdens de uren nabelichting een verhogend effect gehad op het gasverbruik.

Op grond van een vierkante meter gewas ligt het berekende energieverbruik van de geheel inpandige afdeling 5 (geen buitengevel) op $5.2\text{m}^3/\text{m}^2$. Dit getal stijgt door 33% extra buis aan de binnengevels tot $6.8\text{m}^3/\text{m}^2$. Dit laatste getal komt overeen met wat de Priva klimaatcomputer voor deze kas heeft geregistreerd, namelijk $6.9\text{m}^3/\text{m}^2$. Aangezien de 33% extra buis voornamelijk aan een warme binnengevel grenst, dienen deze buizen niet of

nauwelijks als gevelcompensatie en dragen dus bij aan extra warmte per vierkante meter kasoppervlak. Dus het netto verbruik zal rond de 7m³/ m² hebben gelegen. Schattingen met behulp van warmtedoorgangs-coëfficiënten van 1.5W/m²/°C voor de inpandige kas en 3W/m²/°C voor een commerciële kas van 1ha suggereren dat de inpandige kas maximaal 10% lager gasverbruik heeft dan een commerciële kas. Praktijkverbruik zal dan eerder rond de 8m³/m² liggen.

Dezelfde berekening is gedaan voor afdeling 6 met de noordgevel als buitengevel. Hierbij lag het netto verbruik op 10.8 m³/m² en het bruto verbruik op 14.4m³/m² door de 33% extra buis aan de koude noordgevel. De klimaatcomputer registreerde in het laatste geval een verbruik van 14.7m³. Dit verbruik is meer dan verwacht ten opzichte van afdeling 5. De hoeveelheid m² glas die grenst aan het buitenklimaat is namelijk 1.5 keer zo hoog (Tabel 6). Dus de m³ gas die nodig is voor verwarming zou ook ongeveer factor 1.5 hoger moeten liggen en niet dubbel zo hoog moeten zijn. Als een deel van de benodigde buiswarmte toe te rekenen is aan verdamping, kan dit de rekensom vertroebelen. Dit lijkt echter niet het geval (Hoofdstuk 4.4). Het blijkt dat er tijdens de nabelichtingsuren in de avond veel extra warmte in de kas is gegaan (Hoofdstuk 4.3).

Tabel 5. Verschil van invloed van buiten door m² glas tussen kas 5 en 6. De impact van de buitentemperatuur is ongeveer 1.5 keer zo groot in afdeling 6 vergeleken met afdeling 5. De impact op energieverlies zal iets kleiner zijn omdat afdeling 5 aan een corridor grenst waar het iets kouder is dan in de kas maar wel minder wind zal staan.

	AFDELING 5	AFDELING 6
DEK [M ²]	223	223
BUITENGEVEL [M ²]	0	104
TOTAAL [M ²]	223	327
TOTAAL PER M ² KASPPERVLAK	1.11	1.63
RELATIEF	100%	147%

Tabel 6. Geveleffect van de proefkas vergeleken met een commerciële kas van 1 ha. Per m² oppervlak is er bij een proefkas meer dan 2 keer zoveel glas aanwezig. Ook als de binnengevels niet mee zouden worden geteld maar alleen de 104m² noordgevel heeft afdeling 6 ruim 20% meer glas per m² dan een praktijkkas van 1 ha.

	PROEFKAS	HA VIERKANT	HA RECHTHOEK
LENGTE [M]	12.5	100	50
BREEDTE [M]	16	100	200
OPPERVLAK [M ²]	200	10000	10000
OMTREK [M]	57	400	500
GEMIDDELDE KASHOOGTE [M]	6.5	6.5	6.5
M ² GEVEL	370.5	2600	3250
M ² GLAS IN DEK	223	11126	11126
M ² GEVEL PER M ² OPPERVLAK	1.85	0.26	0.33
M ² GLAS TOTAAL	593	13726	14376
M ² GLAS PER M ² OPPERVLAK	2.97	1.37	1.44
GEVEL T.O.V. TOTAAL GLAS	62%	19%	23%

4.3 Buiswarmte in beide afdelingen

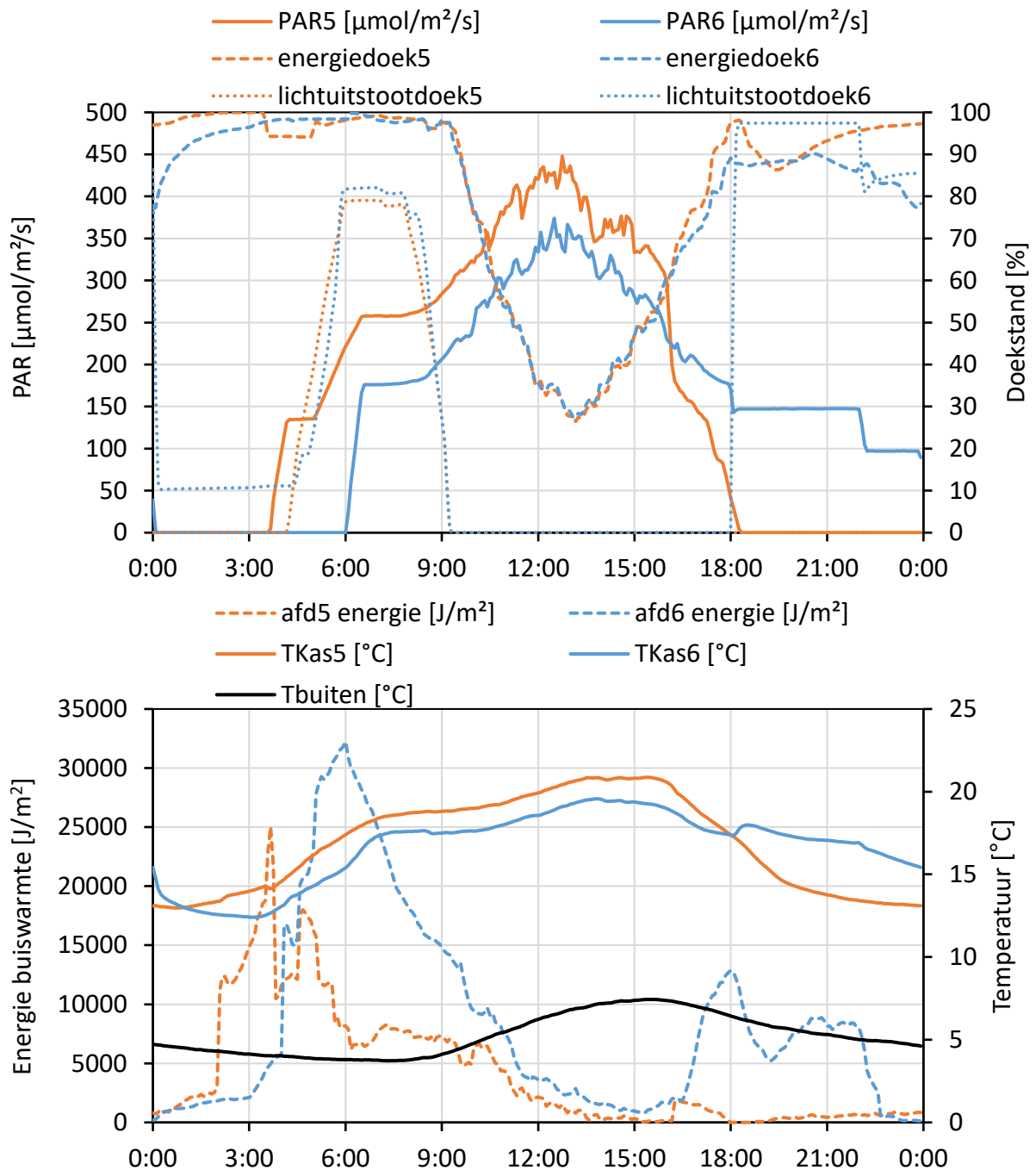
Om na te gaan waarom er meer dan factor 1.5 (Tabel 5) aan buiswarmte nodig was in afdeling 6 is een cyclisch gemiddelde gemaakt voor de schermstanden en de energie via buiswarmte over week 1-9. Week 1-9 had een gemiddelde buitentemperatuur van 5.3°C—wat redelijk representatief is voor een Nederlandse winter—en kostte respectievelijk 2.9 en 5.8m³ gas voor afdeling 5 en 6. Figuur 9 geeft de schermstanden weer van het energiedoek en het lichtuitstootscherm en bijbehorende pijpwarmte. De volgende zaken vallen op:

- Het energiedoek ging alleen gedurende de natuurlijke dag open.
- Het lichtuitstootscherm is in afdeling 5 alleen in de vroege ochtenduren ingezet en in afdeling 6 ook van 18:00-24:00 uur.
- De energie uit buiswarmte laat een flinke piek zien voor het begin van de dag en daarna daalt het: De kasttemperatuur wordt verhoogd voordat het licht aangaat om kans op condensatie te verkleinen. In afdeling 6 is er ook een avondpiek in energieverbruik gedurende de uren dat de nabelichting aan staat.
 - Tabel 7 geeft hiervan de resultaten. Het blijkt dat voor 12:00 de factor 1.5 inderdaad aanwezig is. En na 12:00 is er in 9 weken tijd ongeveer 1.5m³ meer gas verstoekt gedurende de nabelichtingsperiode.
 - Ook in de nabelichtingsperiode geldt de factor 1.5. Dus als de nabelichtingsbehandeling in afdeling 5 had gelegen, was er ongeveer 1m³ extra in 9 weken tijd ingegaan. Over de hele proefperiode zal dit zo'n 2.4m³ zijn geweest ($14.4\text{m}^3/1.56 - 6.8\text{m}^3 = 2.4\text{m}^3$)

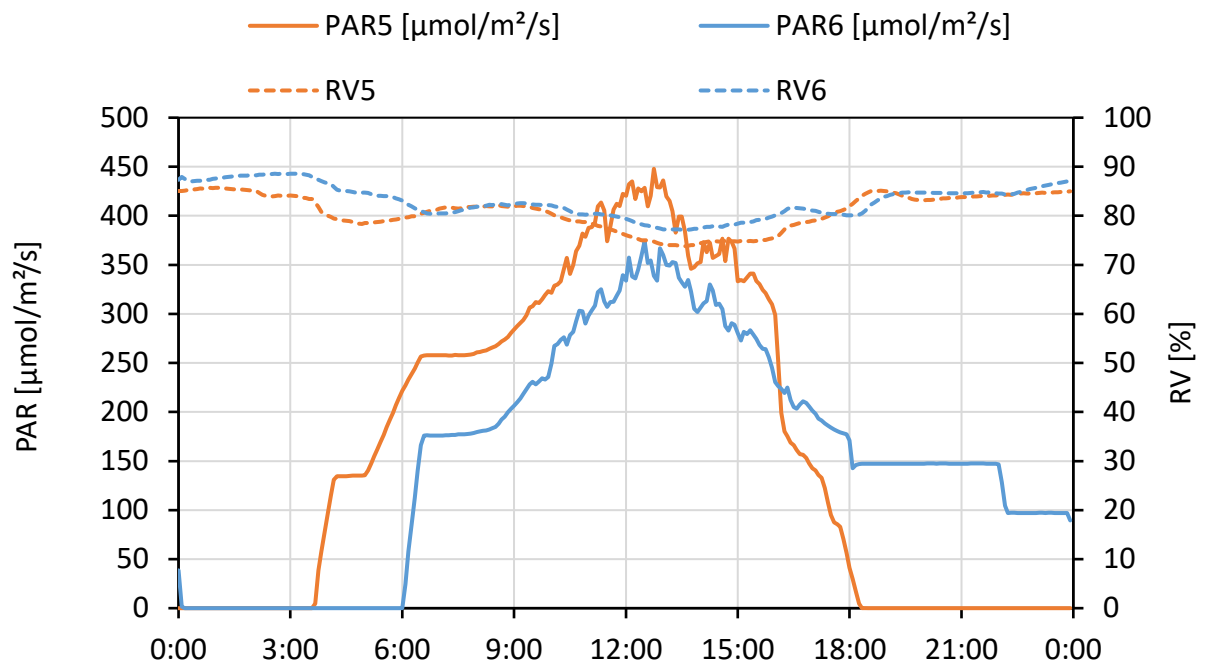
De vraag kan gesteld worden of het aanhouden van een hogere temperatuur gedurende de nabelichtingsperiode nodig was. Het blijkt dat voor de fotosynthese de temperatuur mag dalen (Hoofdstuk 6.2). Echter de RV was in deze periode rond de 85% (Figuur 10) en dan geeft een dalende temperatuur al snel vochtproblemen.

Tabel 7. Energie in buiswarmte van week 1-9 in m³ aardgas van beide afdelingen. De gemiddelde buitentemperatuur kwam in die weken uit op 5.3°C wat redelijk representatief is voor een Nederlandse winter. Afdeling 6 kost factor 2 meer gas. Deels komt dit door 1.5 keer meer glas grenzend aan de buitenlucht. De ochtendpiek kost inderdaad ~1.5 keer meer gas. Van week 1-9 kost de avondpiek in afdeling 6 1.4m³ meer gas om de kas rond 17°C te houden om vochtproblemen te voorkomen.

	AFDELING 5	AFDELING 6	FRACTIE AFD6/AFD5
VOOR 12:00	2.7	4.2	1.56
NA 12:00	0.2	1.6	8
TOTAAL	2.9	5.8	2



Figuur 9. Verloop van het cyclisch gemiddelde van week 1-9 over 24 uur van de standen energiescherm ten opzichte van PAR (boven) en pijpwarmte ten opzichte van de temperatuur (onder) in afdeling 5 (12-uurs dag) en 6 (18-uurs dag). De grafiek is dus het gemiddelde van de 5-minutenwaarden van 63 dagen.



Figuur 10. Verloop van het cyclisch gemiddelde van week 1-9 over 24 uur van de RV ten opzichte van PAR in afdeling 5 (12-uurs dag) en 6 (18-uurs dag). De grafiek is dus het gemiddelde van de 5-minutenwaarden van 63 dagen.

4.4 Energiebalans kas

De vereenvoudigde energiebalans van de kas bestaat uit de volgende energiestromen:

1. Ingaande energie:
 - a. Zonnestraling
 - b. Lampstraling en lampwarmte
 - c. Buiswarmte
2. Uitgaande energie:
 - a. Stralings- en geleidingsverliezen kasdek
 - b. Verdamping
 - c. Ventilatie (noodzakelijke ventilatie vanwege vochtophoping)

In deze energiebalans staat het effect van condensatie niet weergegeven. Door condensatie wordt er vocht afgevoerd waardoor er minder gelucht hoeft te worden. Dit zal dus energie besparen en is niet meegenomen in de berekeningen. In onderstaande berekeningen is uitgegaan van het cyclisch gemiddelde van week 1-9 (net als in Paragraaf 4.3) die redelijk representatief zijn voor een Nederlandse winter.

Verdamping is een proces waarbij energie-overdracht plaats vindt. De energie wordt geleverd via straling en convectie. Onder kas-omstandigheden is straling de grootste energieleverancier achter verdamping: Er worden getallen van 80%/20% energie afkomstig van straling/convectie genoemd. Door het creëren van hogere luchtbeveging kan het aandeel convectieve energie in verdamping wel flink groeien.

In de winter lag de verdamping op rond de 1L/m² per dag. Hier is dus 2.45MJ/m²/dag voor nodig. Bij verdamping komt ook nog noodzakelijk vochtafvoer om de hoek kijken. Bij een gemiddelde binnen/buitentemperatuur van 16.9/5.3°C en een bijbehorende AV van 11.7/5.7 g/m³ kost dit ongeveer 1.8MJ/m²/dag om de vochtige kaslucht om te wisselen voor droge en weer opgewarmde buitenlucht. Samen 4.2MJ/m²/dag.

De lampen leverden 11 mol/m²/dag. Dit is 3.4MJ/m²/dag energie (bij 3.2 μmol/J) en de solarimeter meette gemiddeld 4MJ/m²/dag, bij 50% transmissie dus 2.0 MJ/m² en bij 40% transmissie 1.6MJ, straling uit daglicht in de kas. Samen 5.0-5.4MJ. Bij aardbei is de hoeveelheid lichtenergie uit daglicht + lamplicht dus groter dan voor verdamping plus noodzakelijke luchting nodig is. Vergeleken met andere gewassen is dit ongewoon en komt omdat aardbei slechts ongeveer 2/3 van het oppervlak bedekt en ruim 30% van het licht op de grond valt. Hierdoor valt de verdamping per m² relatief lager uit. Plantkundig is dit een nadeel maar gezien vanuit de energiebalans van de kas een voordeel omdat de lampwarmte in dit geval bijdraagt aan de kasverwarming. Er is dus minder buiswarmte (fossiele energie) nodig om de kas op temperatuur te houden.

Met behulp van warmtedoorgangs-coëfficiënten (U-waarden voor warmtegeleiding) kan worden geschat wat het energieverlies is door het kasdek heen. Het gebruik van schermen heeft hier grote invloed op (bron: Fjo de Ridder, Thomas More):

- Ongeschermd: 5.2 W/m²/°C
- Energieschermdicht: 2.7 W/m²/°C
- Lichtuitscherm dicht: 3.2 W/m²/°C
- Beide schermen dicht: 1.6 W/m²/°C

Het energieverlies gegeven de scherming zoals weergegeven in Figuur 9 komt uit op ongeveer 3.1MJ/m²/dag.

Tabel 8 vat de berekeningen samen. De inkomende en uitgaande energie lag in de weken 1-9 beide op rond de 7MJ/m²/dag.

Tabel 8. Globale energiebalans van de kas voor een gemiddelde winterdag in week 1-9 in MJ/m²/dag. De gemiddelde buitentemperatuur kwam in die weken uit op 5.3 °C wat redelijk representatief is voor een Nederlandse winter. In de proef lag de inkomende lichtenergie (zon+lamp) hoger dan de kosten voor verdamping (verdamping+noodzakelijke ventilatie). Lampwarmte draagt dus bij aan kasopwarming waardoor er minder buiswarmte in hoeft dan de energieverliezen via het kasdek. NB hoewel er één cijfer achter de komma wordt weergegeven, blijft ieder getal een zo goed mogelijk berekende schatting.

Inkomend (MJ/m ² /dag)		Uitgaand (MJ/m ² /dag)	
Zon (50% solarimeter):	2.0	Kasdek:	3.1
Lamp 11 mol:	3.4	Verdamping:	2.5
Buiswarmte:	1.6	Ventilatie:	1.8
Totaal:	7.0	Totaal:	7.3

4.5 Terugblik en vooruitblik energiebesparing

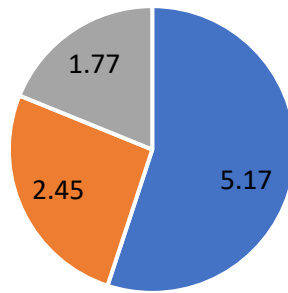
Met behulp van de genoemde U-waarden voor warmtegeleiding is een berekening gemaakt voor de winterweken 1-9 (2023) hoeveel energie het zou kosten als er helemaal geen schermen aanwezig zijn en als deze schermen volledig gesloten zouden zijn. Het blijkt dat er door de scherming ongeveer 2.1MJ/dag bespaard is in de proef ($0.4\text{m}^3/\text{m}^2/\text{week}$) en dat er door actiever te schermen (energiescherm 24 uur 100% dicht en het lichtuitscherm voor 18 uur 100% dicht) nog een besparing van zo'n 1.1 MJ/m²/dag mogelijk is ($0.2\text{m}^3/\text{m}^2/\text{week}$) in de berekende periode die representatief is voor een Nederlandse winter. Dit levert echter waarschijnlijk wel een vochtprobleem op. Figuur 11 geeft de energieverdeling van de drie energieverliesposten weer. Deze verdeling maakt inzichtelijk dat naarmate de kasisolatie door scherming toeneemt, het aandeel verdamping en bijbehorende energiekosten voor de afluchting van vochtige lucht en opwarming van de koude lucht de grootste energiepost wordt. Toekomstig energieonderzoek bij aardbei zal zich dus ook moeten richten op besparing via de verdamping zelf en de bijbehorende noodzakelijke luchting door te kijken naar opties voor actieve ontvochtiging.

4.6 Conclusies energie

Voor energie was de doelstelling halvering van de input van gas en elektra ten opzichte van een traditioneel belichte teelt met zo'n $15\text{m}^3/\text{m}^2$ gas en $200\text{kWh}/\text{m}^2$ SON-T. Deze doelstelling is behaald aangezien er in de 12-uursstrategie zo'n $7\text{m}^3/\text{m}^2$ gas nodig was en er ruim $100\text{kWh}/\text{m}^2$ is verbruikt.

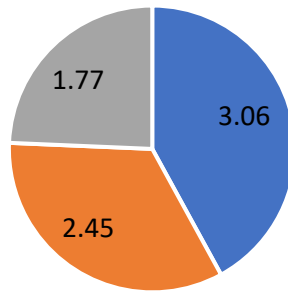
- Schattingen met behulp van warmtedoorgangs-coëfficiënten van $1.5\text{W}/\text{m}^2/^\circ\text{C}$ voor de inpandige kas en $3\text{W}/\text{m}^2/^\circ\text{C}$ voor een commerciële kas van 1ha suggereren dat de inpandige kas maximaal 10% lager gasverbruik heeft dan een commerciële kas. Praktijkverbruik zal dan eerder rond de $8\text{m}^3/\text{m}^2$ liggen.
- Het gasverbruik in de 18-uursstrategie lag, gecompenseerd voor het geveffect, zo'n 2.5m^3 hoger. Dit komt omdat in de uren dat de nabelichting aanstond er 17°C in de kas werd aangehouden om risico's voor condensatie te verkleinen. Zolang er niet actief wordt ontvochtigd, kost deze nabelichtingsstrategie dus meer gas.
- De 18-uursstrategie kostte wel $7.5\text{kWh}/\text{m}^2$ minder elektriciteit vanwege de hogere efficiëntie van de rood nabelichting. Als de benodigde stroom wordt geleverd door een WKK, dan is er voldoende restwarmte over waardoor deze strategie op bedrijfsniveau alsnog efficiënter kan zijn.

proefweek 1-9 (geen schermen: 9.4 MJ/m²)



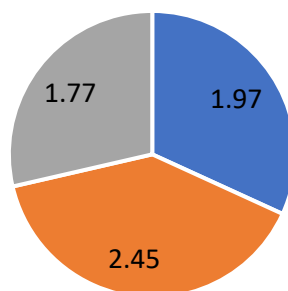
■ energieverlies dek ■ verdamping ■ luchten door verdamping

proefweek 1-9 (scherming als in proef: 7.3 MJ/m²)



■ energieverlies dek ■ verdamping ■ luchten door verdamping

proefweek 1-9 (maximale scherming: 6.2 MJ/m²)



■ energieverlies dek ■ verdamping ■ luchten door verdamping

Figuur 11. Indicatieve berekening van de energieverliesposten van de kas aan de hand van de verdamping, noodzakelijke luchting om vocht af te voeren en de schermstanden. Te zien is dat naarmate de scherming toeneemt dat verdamping en bijbehorende noodzakelijke afvoer van vocht de grootste energiepost wordt.

5 Resultaten teelt

De doelstellingen voor de teelt waren:

- Vroegtijdig in productie, daarom is er verduistering toegepast op het trayveld
- Teelt in balans met 500-600 gram/m²/week oogst gedurende de winter
- Jaarrond tros-inducerend telen met een verse niet-gekoelde 'low chill' junidrager
 - Winter: beproeven van twee daglengtes tijdens de belichte winterperiode (een relatief korte trosinducerende daglengte én een lange daglengte met rood nabelichting waarbij de trosinductie doorgaat.
 - Zomer: de natuurlijke daglengte in de lente/zomer inkorten zodat de plant trossen blijft induceren.

Het optreden van dormancy (zie Foto 1&2 op pagina 16) heeft voor beide rassen een groot effect gehad op de plantbalans. Gedurende de gehele proef is Fandango achtergebleven in strekking en dus lichtonderschepping. Een direct vergelijk van de werkelijke productiviteit tussen beide rassen was dus niet meer te maken. In het teeltseizoen '21/'22 heeft er een privaat gefinancierde proef plaatsgevonden waarin ook nabelichting met rood licht is toegepast. In die proef waren de behaalde resultaten van Fandango succesvol. De basisdaglengte (zonder nabelichting) lag toen op 13.5 uur in plaats van 12 uur. Bij de plantbelasting en oogst zijn daarom ter vergelijking ook de gegevens van het teeltseizoen '21/'22 weergegeven.

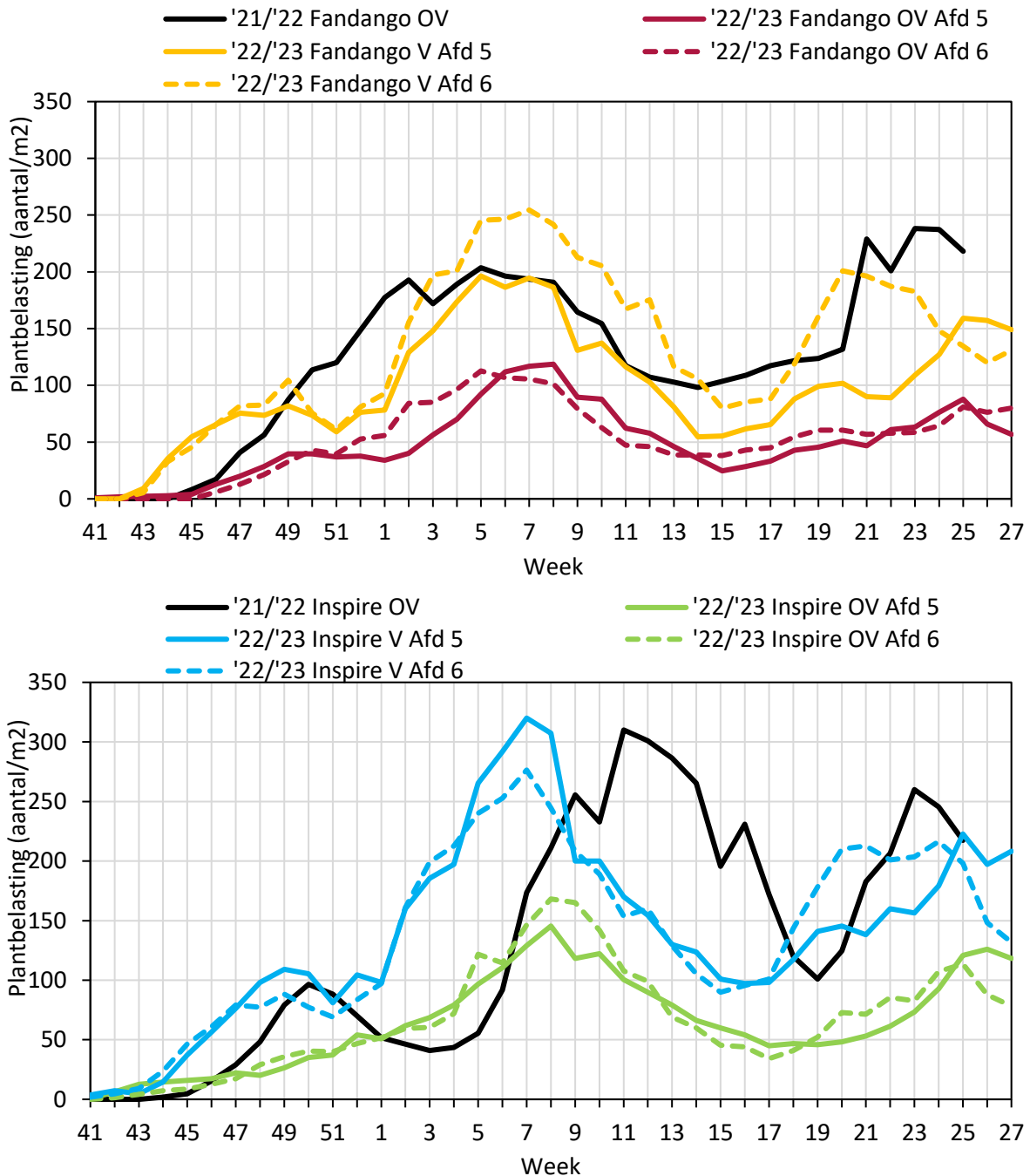
5.1 Plantbelasting en oogst

Voor een gewenste oogst van 500 gram/m²/week is er bij een gemiddeld vruchtgewicht van 20 gram en een uitgroeiduur van 5 weken een theoretische plantbelasting van 125 vruchten + bloemen nodig¹. Aangezien het vruchtgewicht van aardbei behoorlijk variabel is, kan een lagere plantbelasting alsnog voldoende oogst geven, terwijl een veel hogere plantbelasting zal resulteren in een lager dan gewenst vruchtgewicht of in afstoting van bloemen & vruchtjes. Figuur 12 bevat de wekelijks getelde plantbelasting van beide afdelingen. Ook is hierin de plantbelasting van een vergelijkbare proef van het winterseizoen '21/'22 opgenomen. De volgende zaken vallen op:

- In geen van de behandelingen werd er een stabiele plantbelasting van rond de 125/m² bereikt.
- Het verschil in proefkoers gedurende de belichte winterperiode laat geen wezenlijk andere patronen voor plantbelasting zien.
- De verduisterde planten laten in beide afdelingen een veel hogere plantbelasting zien dan de onverduisterde planten. Dit geldt voor beide rassen. Dit komt niet terug in de oogstcijfers.

¹ Er zijn theoretisch 9000GDH nodig van bloem tot oogstbare vrucht. Dit zijn bij een vruchttemperatuur van 16°C en 4.5°C basistemperatuur ongeveer 33 dagen ≈ 5 weken.

- In beide kassen kwam de plantbelasting van de verduisterde planten zo'n drie weken eerder op gang dan de niet verduisterde planten. Door verduisteren op het trayveld kan dus eerste bloei en plantbelasting naar voren worden gehaald.
- Na week 49 daalde de plantbelasting van de verduisterde planten: vooral voor Fandango en in mindere mate voor Inspire. Vermoedelijk heeft dit te maken met het optreden van dormancy: bladeren strekten niet meer door, bladeren bleven kleiner en dikker, bloemkwaliteit was lager (groene bloemen). Door inzet van de cyclische belichting vanaf week 51 kwam de stengelstrekking weer op gang, maar de plantbelasting steeg voor beide rassen naar rond de 250/m² rond week 7 waarna weer een dal en piek volgde.



Figuur 12. Plantbelasting Fandango (boven) en Inspire (onder) in afdeling 5 en 6 van de verduisterde (V) en de onverduisterde (OV) planting. Ook is de plantbelasting van een jaar eerder opgenomen. Fandango was in het winterseizoen '21/'22 redelijk goed in balans terwijl Inspire een overstrekingsreactie vertoonde en stilviel rond de jaarwisseling. Voor een gewenste oogst van 500 gram/m²/week is bij een gemiddeld vruchtgewicht van 20 gram en een uitgroei duur van 5 weken er een theoretische plantbelasting van 125/m² vruchten nodig.

Opvallend is dat de plantbelasting van de onverduisterde planten veel lager bleef terwijl de cumulatieve oogst slechts 0.7-2.4kg/m² lager lag (Figuur 13). De gemiddelde plantbelasting lag tenminste de helft lager (Tabel 9; pagina 39). Vanuit deze getallen is de verwachting dat het gemiddeld vruchtgewicht van de verduisterde planten de helft lager zou moeten liggen. Dit is niet het geval (Figuur 14, Tabel 9). Variatie tussen de telbak en de gehele meetgoot kan een

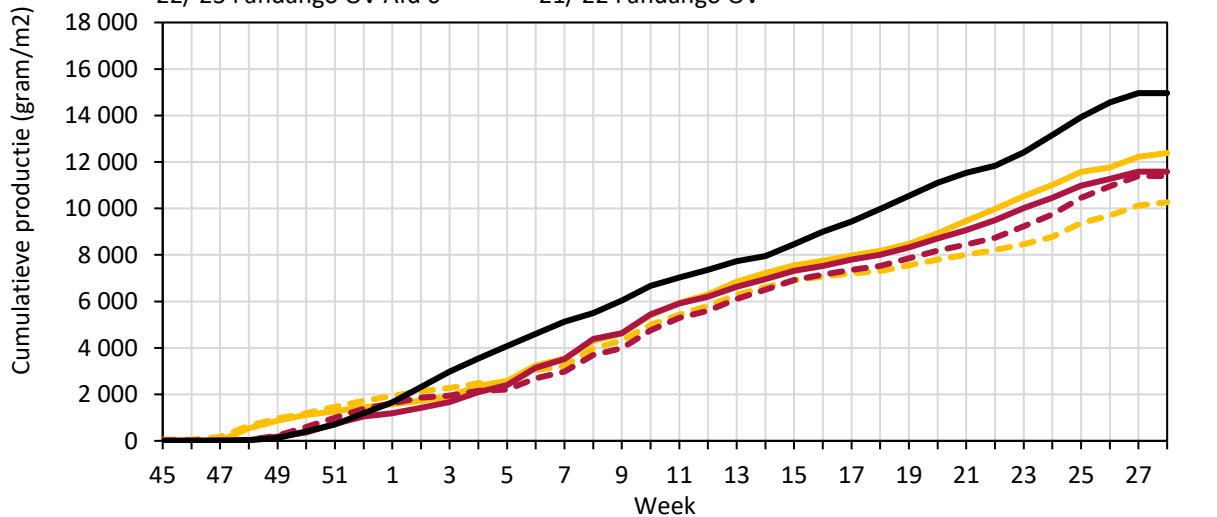
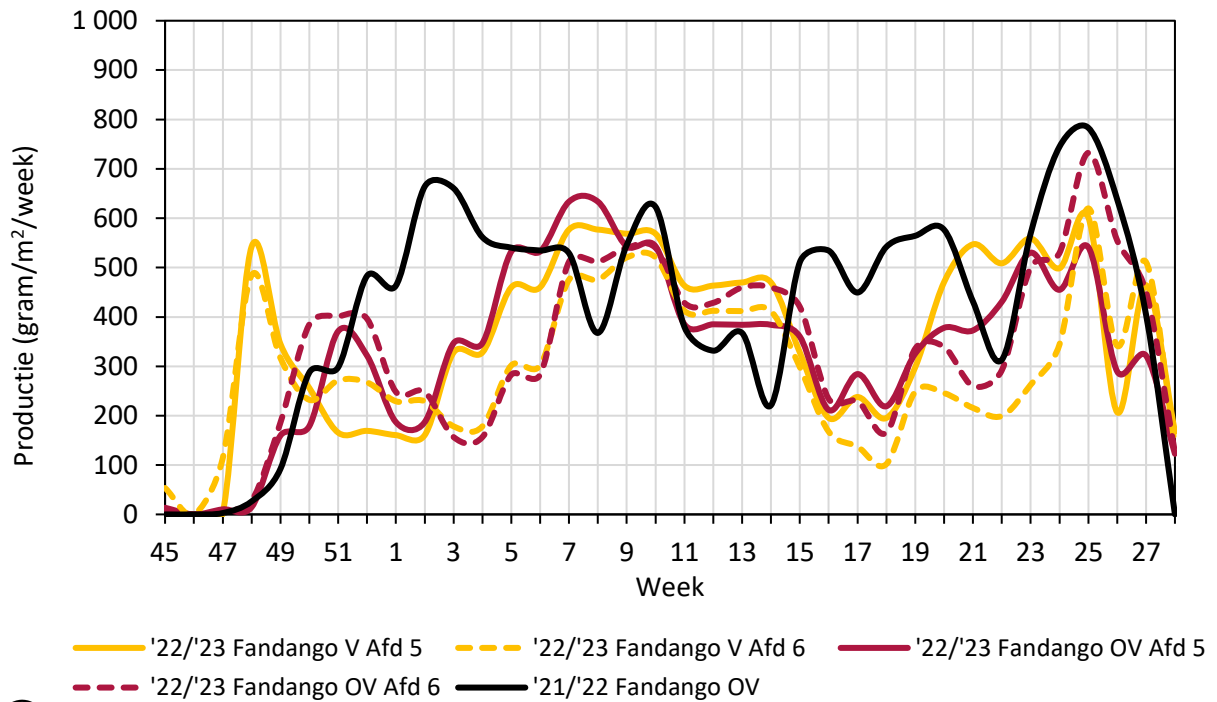
verklaring zijn. Aangezien het verschil bij beide rassen in beide afdelingen echter consistent is tussen de verduisterde en onverduisterde planten is dit niet te verwachten. Dit suggereert dat er bij de verduisterde planten meer bloemverdroging/vruchtverstening is opgetreden. In principe zijn versteende vruchten niet meegeteld. Deze worden in het bloemstadium echter wel meegeteld. Een andere factor is het percentage sortering in de klassen 1 (grof en fijn), 2 en afval. Het percentage klasse 1 (grof) verschilde niet veel tussen de behandelingen, maar dit percentage lag bij de onverduisterde planten wel consistent iets hoger. Ook was er procentueel iets meer afval bij de verduisterde planten (Figuur 15). Het percentage sortering wordt gedaan op gewichtsbasis terwijl plantbelasting op basis van aantal is. Het is dus goed mogelijk dat het aantal vruchten buiten en binnen klasse 1 (grof) net zo hoog is. Bijvoorbeeld 20 vruchten van 20 gram in klasse 1 (grof) en 20 vruchten van 5 gram erbuiten geeft 80% vruchtgewicht in klasse 1.

De hogere plantbelasting bij de verduisterde ten opzichte van de onverduisterde planten zien we zelfs weer terug tijdens de piek rond week 20. De reden waarom er door de verduisterde planten tot het einde van de proef veel meer bloemen worden aangelegd dan door de onverduisterde planten, is niet duidelijk. De verliespost aan drogestof door vruchtverstening lijkt mee te vallen (Hoofdstuk 6.3, Tabel 10).

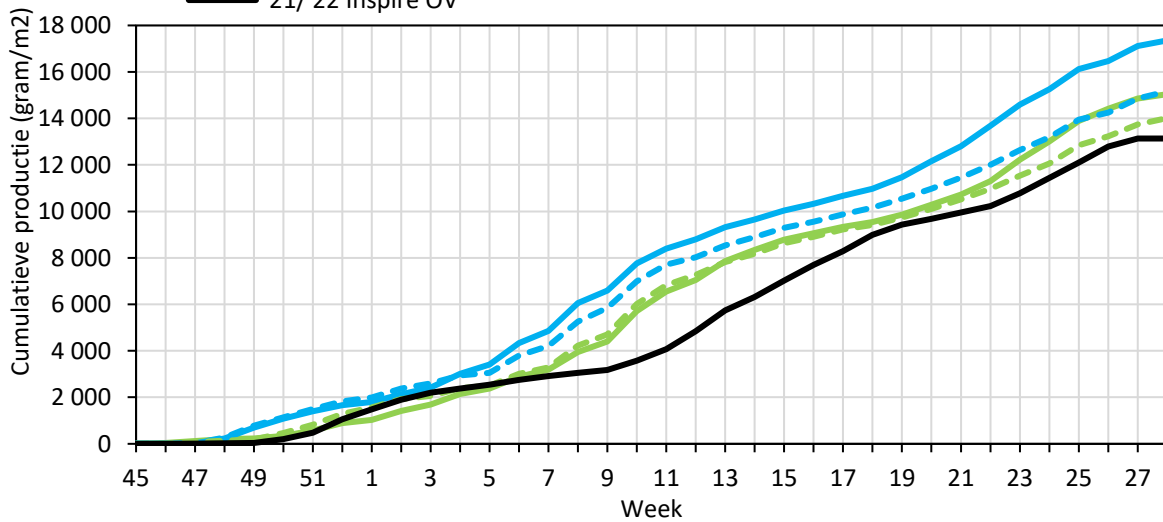
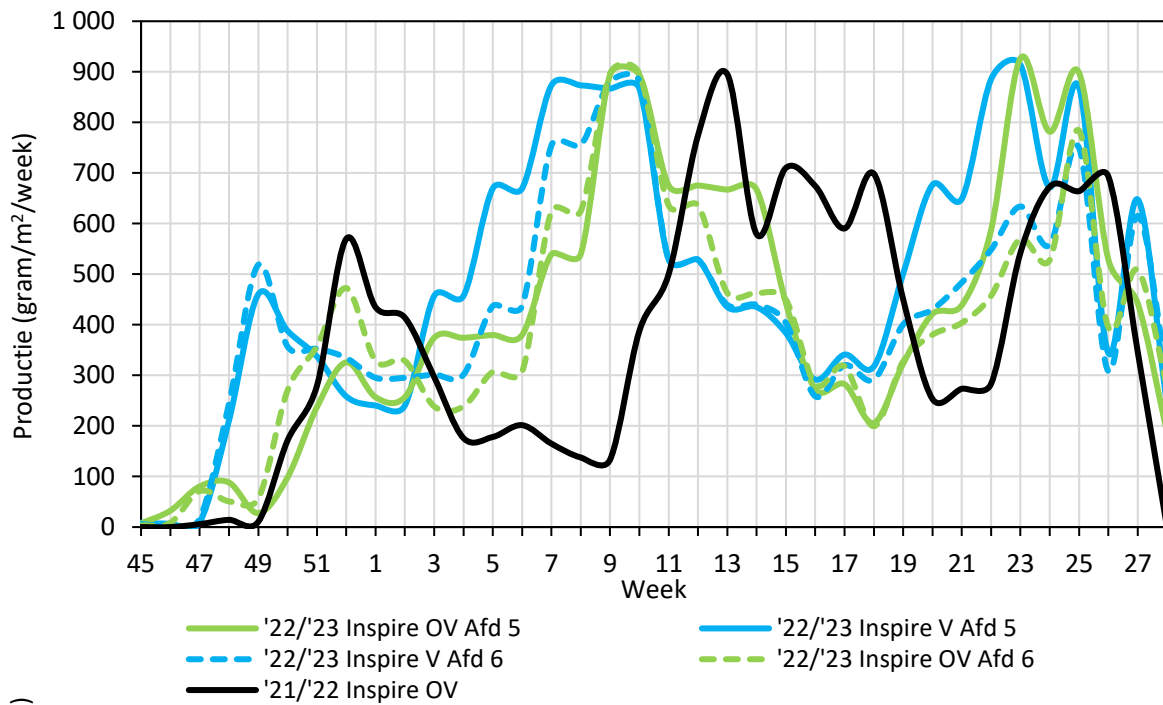
Figuur 13 en 14 geven de (cumulatieve) productie weer. De volgende zaken vallen op:

- De verduisterde planting heeft voor beide rassen en afdelingen 2-3 weken productievervroeging gezorgd. De verduisterde planting zorgde voor een scherpe piek in productie week 48-49 met daaropvolgend een dal in productie tot tenminste week 2. Bij de onverduisterde planting lag de productiepiek 2-3 weken later, ook hier trad een dal in productie op, die afhankelijk van de behandeling tot week 4 doorliep.
- In geen van de behandelingen werd er een stabiele productie van rond de 500g/m²/week bereikt. Van week 5 (afdeling 5) en week 7 (afdeling 6) tot week 15 liet Fandango wel een stabiele productie zien van 400-500gram/m²/week. Inspire daarentegen liet in dezelfde periode tot twee keer zo hoge productie zien.
- Rond week 15 vertonen alle behandelingen een dal in productie waarop er rond week 23 weer een piek werd bereikt.
- Tot ongeveer week 5 verschilt de cumulatieve productie nauwelijks tussen beide afdelingen. Erna begint de productie van afdeling 6 (nabelichtingsstrategie in de winter) achter te lopen op die van afdeling 5 (kortedag-strategie in de winter). Het bleek dat de totale plantproductie (vrucht+blad) nauwelijks verschilde en dat vooral de assimilatenverdeling naar de vruchten lager lag in afdeling 6 (Tabel 11; pagina 57).
- De cumulatieve productie van Inspire lag in beide afdelingen fors hoger dan die van Fandango. Waarschijnlijk komt dit door de veel hogere LAI en gewasbreedte (Figuren 20 en 21) en zo een veel hogere gewasfotosynthese (Figuur 25; pagina 52). Deze lagere lichtonderschepping voor Fandango lijkt vooral te wijten aan de gevolgde basisdaglengte van 12 uur en de daardoor optredende dormancy in het najaar en in het voorjaar. In het seizoen '21/'22 lag juist de productie van Fandango 2kg/m² hoger dan die van Inspire.

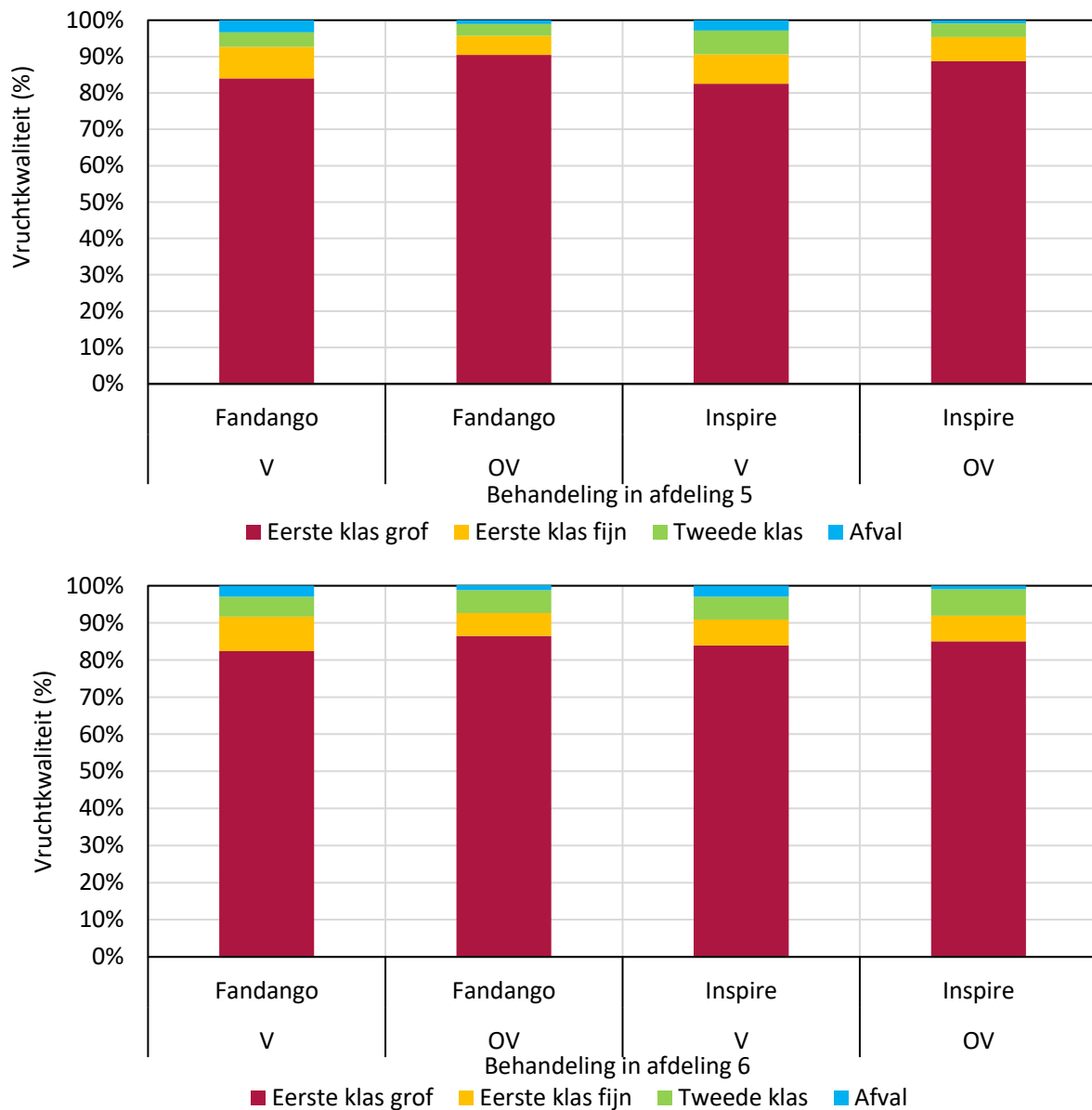
- Bij Inspire lijkt er een groter verschil te zitten tussen de verduisterde en onverduisterde behandelingen dan tussen beide afdelingen: het oogstpatroon liep in beide kassen parallel voor verduisterde of onverduisterde planten. Bij Fandango daarentegen gaat het oogstpatroon na de jaarwisseling van de verduisterde en onverduisterde behandelingen per afdeling parallel lopen: Er is een vertraging in productie in afdeling 6 (nabelichtingsstrategie in de winter) ten opzichte van afdeling 5.



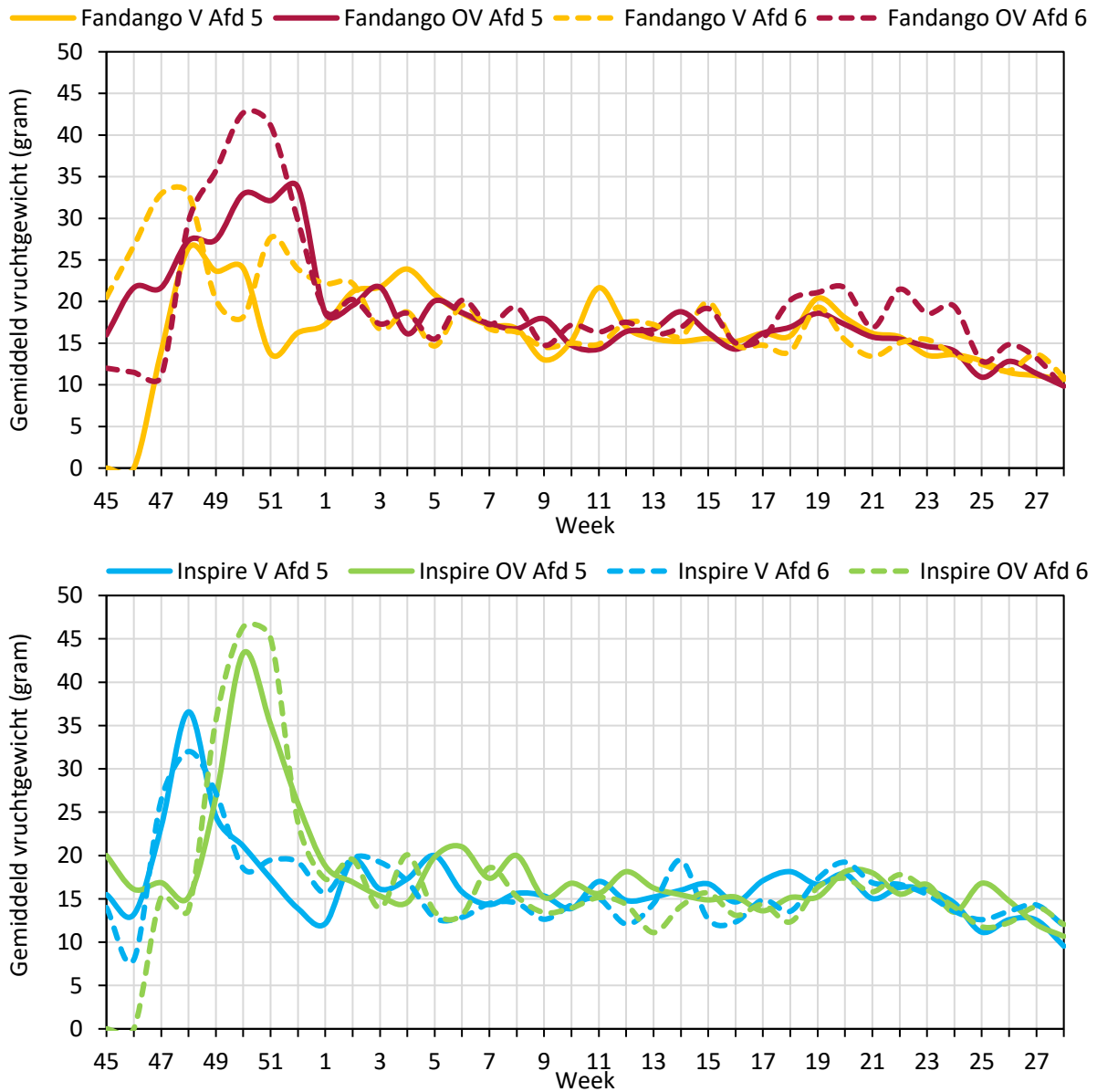
Figuur 13. Verloop van de (cumulatieve) weekproductie van Fandango in afdeling 5 en 6 van de verduisterde (V) en vroege planting, en de onverduisterde (OV) en late planting. Ook is de cumulatieve oogst van een jaar eerder opgenomen. Fandango was in het winterseizoen '21/'22 redelijk goed in balans.



Figuur 14. Verloop van de weekproductie van Fandango (boven) en Inspire (onder) in afdeling 5 en 6 van de verduisterde (V) en vroege planting, en de onverduisterde (OV) en late planting. Ook is de cumulatieve oogst van een jaar eerder opgenomen. Inspire vertoonde toen een overstrekingsreactie en viel stil rond de jaarwisseling.



Figuur 15. Percentage sortering van de vruchten over de gehele proefduur in afdeling 5 en afdeling 6. In alle gevallen lag klasse 1 (grof) boven de 80%. Bij de onverduisterde (O) planten lag dit iets hoger dan bij de verduisterde (V) planten. Het percentage afval lag ook iets hoger bij de verduisterde planten.



Figuur 16. Gemiddeld vruchtgewicht gedurende de proef in afdeling 5 en afdeling 6. Verduisterd (V) geeft de vroege planting aan en onverduisterd (OV) de late planting aan.

5.2 Hoofdlijnen teelt

Tabel 9 bevat de hoofdlijnen van de teelt. Opvallend is dat er enorm veel vierkante meters blad zijn ontwikkeld in de proef bij Inspire ten opzichte van Fandango. De gemiddelde bladgrootte lag 1.5 keer zo hoog als die van Fandango. Ook beperking in bladgrootte valt onder de kenmerken van dormancy. Het verloop van de LAI gedurende de proef staat weergegeven in Hoofdstuk 6.2.

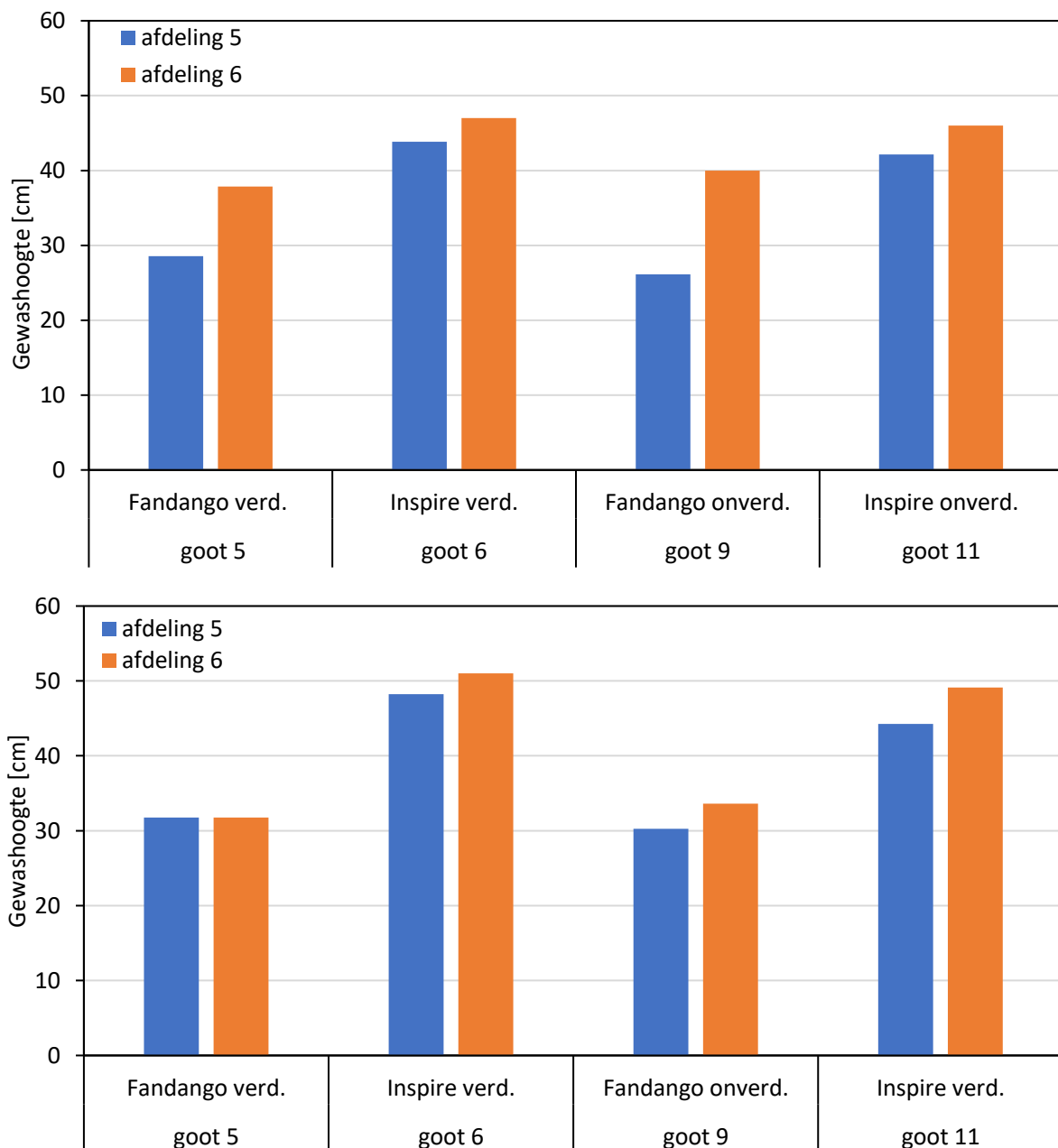
Tabel 9. Hoofdlijnen van de teelt van verduisterde (vroeg planting) en onverduisterde (late planting) Fandango en Inspire in afdeling 5 en 6. De nummers in de kolomkopjes zijn een combinatie van het afdelingsnummer en de gootnummers.

	Fandango Verd. 505	Inspire Verd. 506	Fandango Onverd. 509	Inspire Onverd. 511	Fandango Verd. 605	Inspire Verd. 606	Fandango Onverd. 609	Inspire Onverd. 611
	Klimaat							
Plantdatum	9-9-'22	9-9-'22	23-9-'22	23-9-'22	9-9-'22	9-9-'22	23-9-'22	23-9-'22
Einddatum	10-7-2023							
Proefdagen	304	304	290	290	304	304	290	290
Proefweken	43	43	41	41	43	43	41	41
Weken oogst	32	32	31	31	32	32	31	30
Tlucht [°C]	17.9	17.9	17.8	17.8	17.8	17.8	17.7	17.7
GDH	97766	97766	92568	92568	97037	97037	91872	91872
PAR totaal [mol/m ²]	5005	5005	4859	4859	4874	4874	4724	4724
	Plantproductie							
Productie [kg/m ²]	12.4	17.4	11.7	15.0	10.3	15.2	11.5	14.0
gram vers / mol PAR	2.5	3.5	2.4	3.1	2.1	3.1	2.4	3.0
LA totaal ontwikkeld [m ² /m ²]	6.5	10.7	5.0	10.0	6.1	11.1	7.2	10.8
Aantal blad/m ² ontwikkeld	808	896	658	829	762	909	763	845
gemiddelde bladgrootte [cm ²]	81	119	76	121	80	122	95	127
Gemiddelde plantbelasting	137	138	60	68	105	140	49	65
% klasse 1 grof	82%	90%	86%	88%	79%	91%	89%	90%
Gemiddeld vruchtgewicht klasse 1 grof [g]	20.7	18.2	18.8	21.2	21.3	20.2	20.2	20.5
Brix	8.3	7.5	8.0	7.4	8.3	7.5	8.1	7.5

5.3 Gewashoogte

Het gewas werd gedurende de winter hoger in kas 6 dan in kas 5. Vermoedelijk ligt dit aan de daglengte. Rood nabelichting heeft geen negatief effect gehad op de trosinductie en lijkt dus in relatie tot bloei niet te worden 'waargenomen'. In relatie tot lengtegroei resulteert een lange

dag juist in meer strekking. Zelfs in april was het gewas nog langer dan in de winter (Figuur 17). Het lijkt erop dat daglengte door twee gescheiden 'systemen' in de plant wordt waargenomen. Waarschijnlijk is het daglengte-effect voor bloei gerelateerd aan fytochroom A terwijl effect van daglengte op strekking meer wordt waargenomen door fytochroom B (zie literatuurverwijzingen in Trouwborst *et al.* 2023). Door de natuurlijke lange dag in afdeling 5 is het lengteverschil verdwenen in juni (Figuur 17). Foto 3 (Bijlage 4) geeft een impressie van het gewas bij de eindogst in juli.



Figuur 17. Gewashoogte van Fandango en Inspire op 12 april en 16 juni. Te zien is dat kas 6 in april nog steeds een hoger gewas heeft dan kas 5. Dit is veroorzaakt door de nabelichting in de winter. Vooral Fandango is dan een stuk korter, dit komt door de optredende 'dormancy' in het voorjaar. Door de natuurlijke lange dag in afdeling 5 is het lengteverschil verdwenen in juni (n=7).

5.4 Conclusies teelt

Voor de teelt waren er drie doelstellingen:

1. Vroegtijdig in productie, daarom is er verduistering toegepast op het trayveld
2. Teelt in balans met 500-600 gram/m²/week oogst gedurende de winter
3. Jaarrond tros-inducerend telen met een verse niet-gekoelde 'low chill' junidrager
 - Winter: beproeven van twee daglengtes tijdens de belichte winterperiode (een relatief korte trosinducerende daglengte én een lange daglengte met rood nabelichting waarbij de trosinductie doorgaat.
 - Zomer: de natuurlijke daglengte in de lente/zomer inkorten zodat de plant trossen blijft induceren.

Doelstelling 1

De vervroeging van de productie is behaald. Door de verduistering op het trayveld is de start van de productie met twee weken vervroegd. In eerste instantie was de bedoeling om nog een week eerder te planten, maar het bloemonderzoek wees uit dat de planten nog niet generatief genoeg waren (Bijlage 1). Dit laat zien dat er langer verduisterd moet worden. Tevens duurde het nog steeds 11 weken voordat de eerste aardbeien konden worden geoogst. De verwachting is dat met meer weken verduistering—meer groeigraduren trosinductie—de eerste oogst verder naar voren kan worden gehaald.

Doelstelling 2 en 3

Teelt in balans met 500-600 gram/m²/week oogst gedurende de winter is niet behaald. Dat is veroorzaakt door de productiepauze rondom de jaarwisseling. De productiepauze lijkt volledig toegeschreven te kunnen worden aan de opgetreden dormancy. Een productiepauze induceert een productiepiek—en andersom. Daardoor is de balans ook verdwenen. Productiepieken resulteren ook in een lager gemiddeld vruchtgewicht. Berekeningen aan de assimilatenbalans laten zien dat een productie van 500-600 gram/m²/week in principe wel mogelijk is (Hoofdstuk 6). Dormancy moet dus voorkomen worden omdat het naast de strekking en het bladoppervlak ook de balans in de plant verstoort. Hierdoor verdwijnt ook de planbaarheid van de productie wat zeer belangrijk is voor de verkoop.

De 12-uursstrategie was voor Fandango in najaar en in voorjaar een te korte dag waardoor er onvoldoende bladsteelstrekking was. Voor Inspire gaf deze daglengte alleen in het najaar problemen. In de 18-uursstrategie is de dagverlenging rood van 12 naar 18 uur ingezet op 23 november (week 47). Dit was blijkbaar te laat voor Inspire. Het is gebleken dat cyclische belichting werkt om planten uit dormancy te trekken. Nabelichting rood werkt niet om planten uit dormancy te trekken, maar waarschijnlijk wél om dormancy te voorkomen. Er moet nog worden uitgezocht hoeveel weken eerder de rood nabelichting dan aangezet zou moeten worden. Aangezien rood nabelichting in deze proef de dormancy niet heeft voorkomen, is er teeltkundig geen voordeel van rood nabelichting geweest. De vruchtproductie was in afdeling 6 iets lager dan in afdeling 5. De hoeveelheid grammen ontwikkeld blad was in 3 van de 4 gevallen iets hoger in afdeling 6.

Door het inkorten van de daglengte in week 12 was er in de weken erna voldoende trosinductie—de plantbelasting van de verduisterde planting bleef voldoende hoog—om door te produceren tot en met week 27.

Dormancy-kenmerken

De volgende kenmerken van dormancy zijn in de proef gesignaleerd:

- Zijneusontwikkeling in plaats van doorontwikkeling hoofdneus
- Verminderde strekking (strekking/dag en eindlengte)
- Kleiner blad
- Donkerdere bladkleur
- Pauze in trosverschijning, plantbelasting en productie
- Meer tip-burn

6 Resultaten assimilatenbalans

De doelstelling van het opstellen van de assimilatenbalans was meervoudig. Als metingen en berekeningen aan de assimilatenbalans goed overeenkomen:

- Dan kunnen er achteraf perioden van onbalans tussen aanbod en verbruik van assimilaten geïdentificeerd worden.
- Dan kan er meegerekend worden aan een proef om zo tijdig een onbalans voor te zijn.
- Dan kan de rekenmethode als basis dienen voor een dynamisch source-sinkmodel aardbei.

6.1 Aanpak

De assimilatenbalans is de balans tussen aanmaak (source) en verbruik (sink) van assimilaten. De gevolgde methode is in eerdere proeven uitgevoerd voor doordragers (Jochems *et al.* 2021 & Jochems *et al.* 2022) en staat in die rapporten uitgebreider omschreven.

De assimilatenproductie is bepaald op basis van een modelmatige berekening van de gewasfotosynthese met de volgende input:

- Klimaat (5-minuten waarden PAR, CO₂, temperatuur, planttemperatuur en RV).
- Regelmatige bepaling van de LAI en de gewasbreedte (fractie bedekking = gewasbreedte / rijbreedte) en vervolgens interpolatie naar dagwaarden.
- Lichtverdeling in het gewas gerelateerd aan de LAI.
- Fotosynthese-parameters (lichtrespons en CO₂-respons curves) door het gewas.

Het verbruik van assimilaten gedurende de teelt is ingeschat op basis van modelmatige berekeningen afkomstig uit tomatengroeimodellen. Dit vraagt om de volgende input:

- Oogst en bijbehorend percentage drogestof.
- De LAI, LMA (Leaf Mass per Area=bladgewicht per oppervlak) en aantal bladeren en hoeveelheid bladpluk zodat de vegetatieve bijgroei inzichtelijk is.

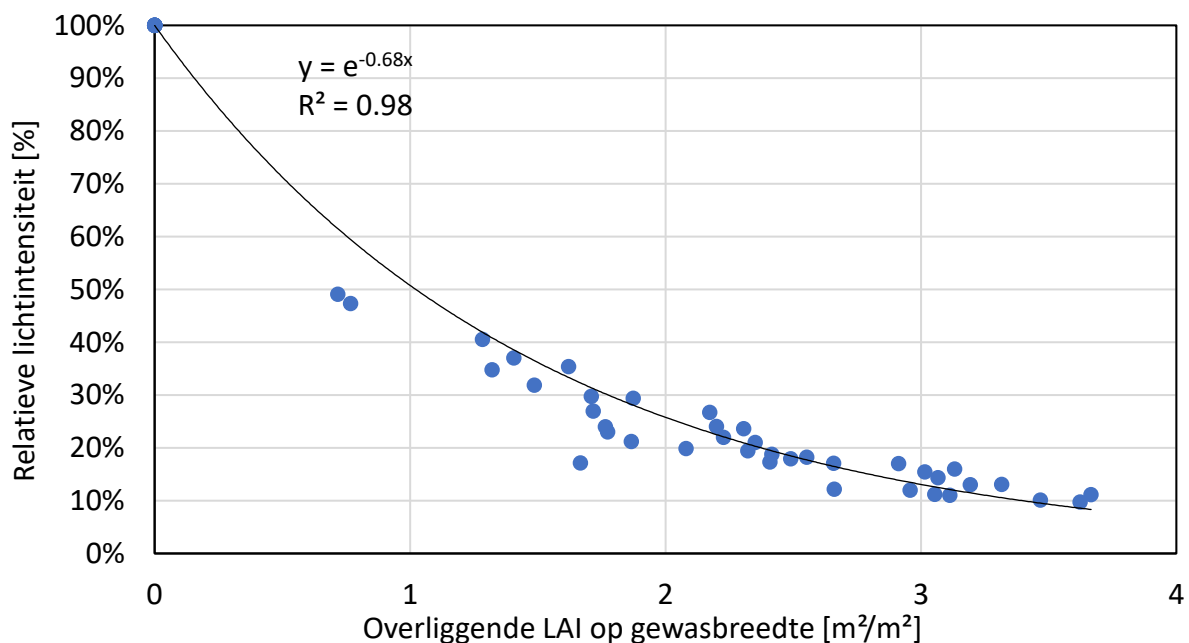
6.2 Source

De source is berekend door de lichtintensiteit in PAR te verdelen over 10 virtuele gewaslagen op basis van de zogenaamde Monsi-Saeki benadering (Monsi & Saeki, 2005). Hierbij wordt aangenomen dat het licht in het gewas exponentieel uitdooft volgens de formule $PAR_n = PAR_0 * e^{-k * LAI}$. Vervolgens is van deze lagen de bladfotosynthese berekend en gesommeerd naar dagsommen assimilaten.

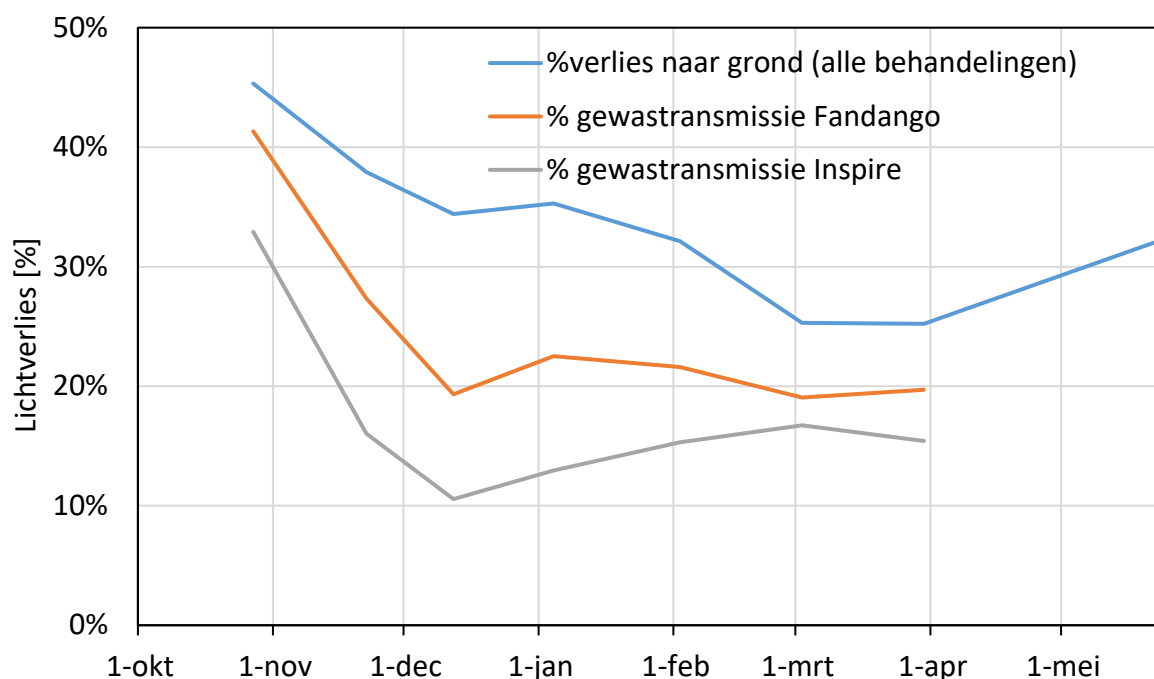
6.2.1 Lichtuitdoving en lichtverlies

Vanuit de bruto LAI (bladoppervlak per vierkante meter grondoppervlak is er een LAI berekend op grond van de fractie gewasbreedte (gewasbreedte/rijbreedte). Doordat de fractie gewasbreedte kleiner is dan 1, is dus de LAI op gewasbreedte hoger dan de bruto LAI. Vervolgens is hierop de lichtuitdovings-coëfficiënt berekend. Deze kwam uit op 0.68 (Figuur 18).

Het percentage verlies naar de grond is op buisrailniveau gemeten (Figuur 19). Het blijkt dat in de zwaarbelichte maanden december en januari er 1/3 van het licht op de grond valt. Dit is een fors verlies en het blijft een aandachtspunt voor de winterteelt aardbei om dit verlies te verkleinen. Het verloren licht draagt wel bij aan de kasopwarming en bespaart gas voor buiswarmte.



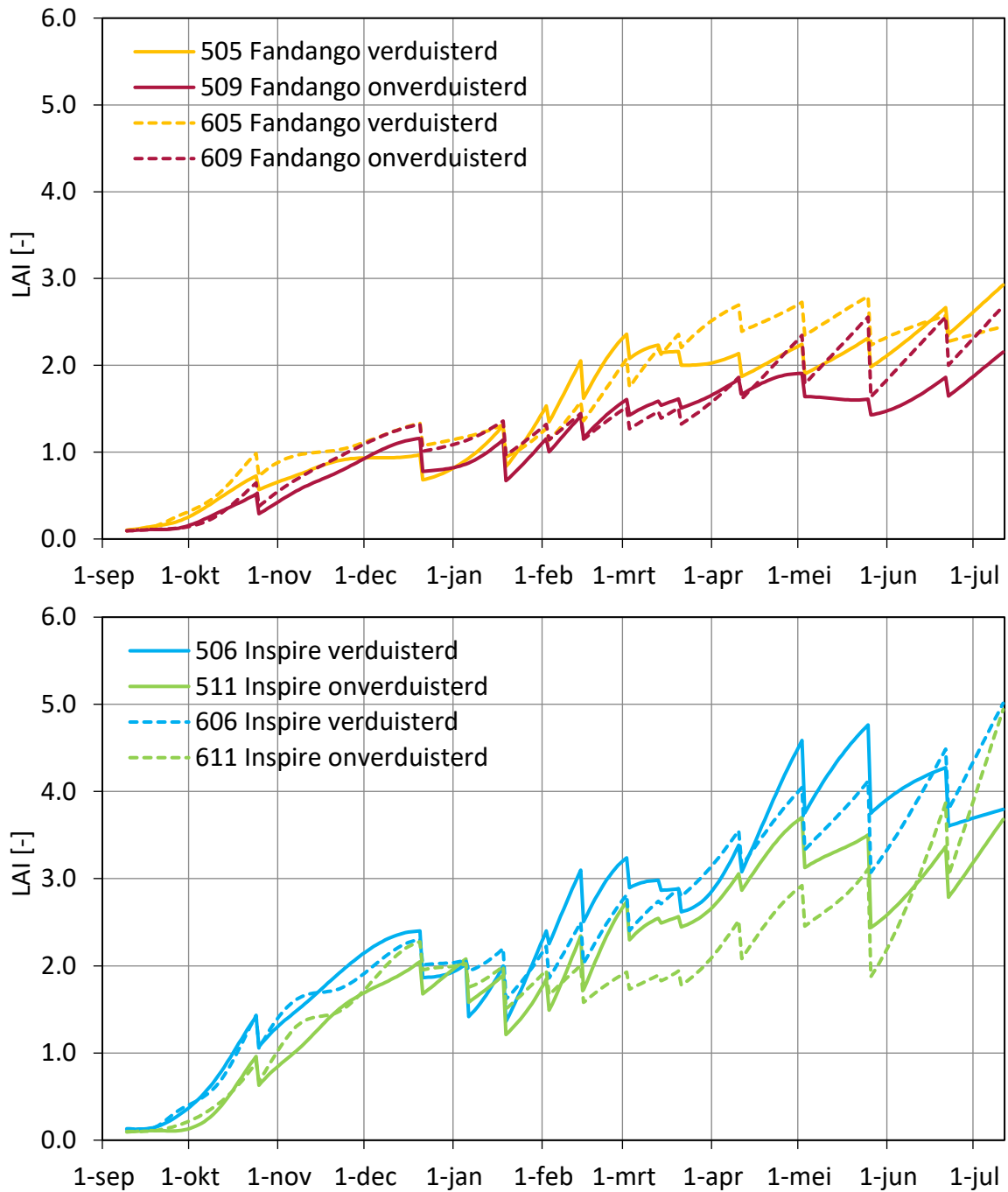
Figuur 18. Lichtuitdoving in het gewas gerelateerd aan de LAI gedeeld door de fractie gewasbreedte (gewasbreedte/rijbreedte). Ieder punt is het gemiddelde van 6-8 metingen. Er zijn geen rasverschillen vastgesteld.



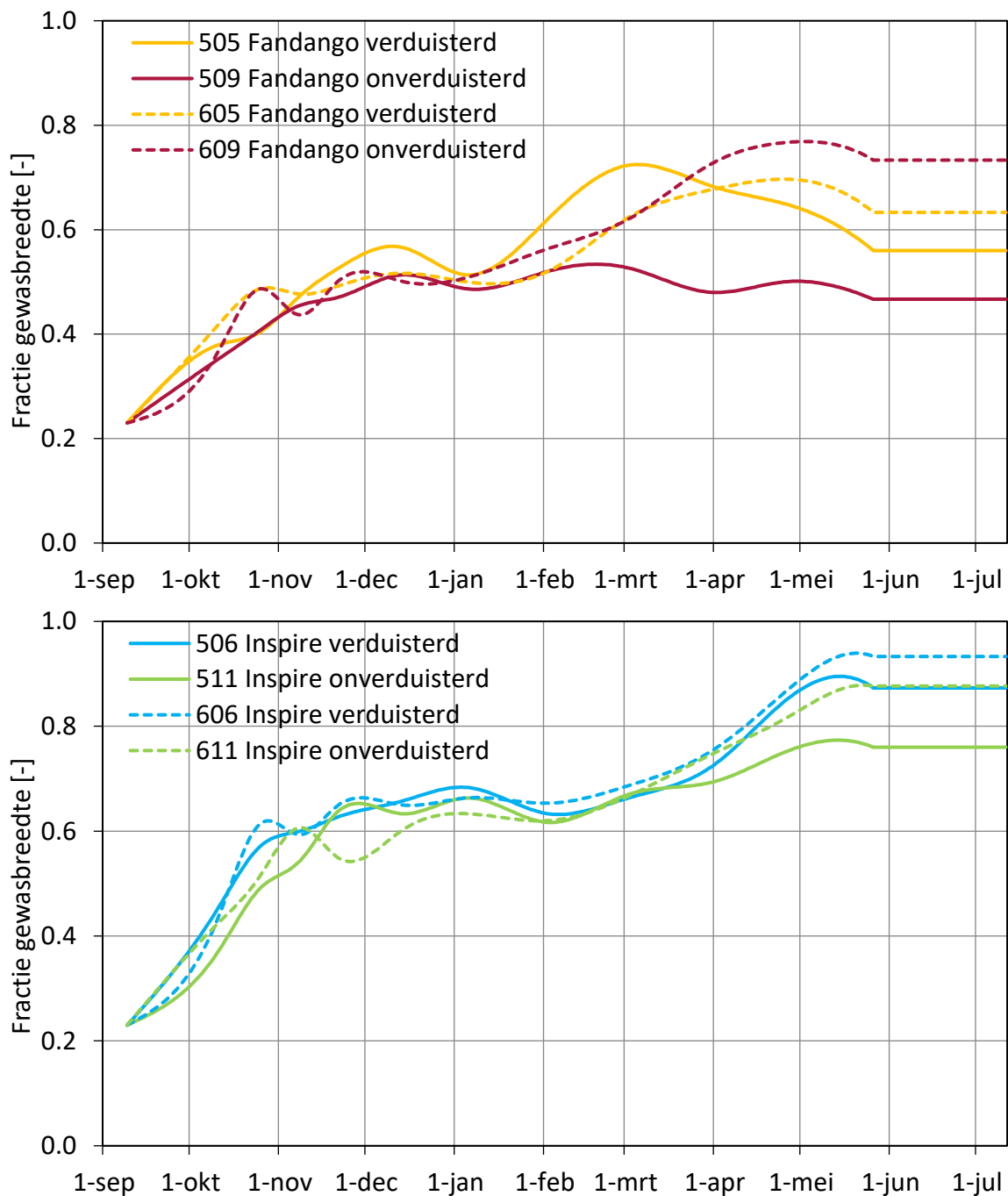
Figuur 19. Percentage verlies naar de grond (niveau buisrail) en percentage lichtdoorval binnen de gewasbreedte (niveau teeltcontainer). In de zwaar belichte maanden december en januari valt er dus ongeveer 1/3 van het licht op de grond. Doordat Inspire en Fandango als goten om en om stonden, is geen onderscheid te maken tussen beide rassen. Vanwege de proefkoers en de optredende 'dormancy' strekte Fandango veel minder dan Inspire.

6.2.2 LAI en fractie bedekking

Op basis van non-destructieve metingen is de LAI om de twee weken bepaald totdat een LAI van 1.5 werd bereikt. Vervolgens werd de meting maandelijks uitgevoerd. Aan de hand van het aantal geplukte bladeren en de gemiddelde bladgrootte is berekend wat het verloop van de geproduceerde LAI is geweest (Figuur 20). De werkelijk aanwezige LAI vertoont dus een zaagtandpatroon. De LAI van Inspire lag veel hoger dan die van Fandango. Na februari bleef de LAI van de late planting (onverduisterd) ook achter ten opzichte van die van de vroege planting (verduisterd), behalve voor Inspire in afdeling 5. Verder zijn de verschillen tussen de beide afdelingen gering. Bij de start is de hogere LAI van Inspire een duidelijk voordeel geweest. Richting de zomer lijkt het eerder een nadeel te zijn aangezien er boven een LAI op de netto gewasbreedte (bruto LAI / fractie gewasbreedte) van 3 nauwelijks méér licht wordt geabsorbeerd. Een LAI op de netto gewasbreedte van boven de 3 wordt al bereikt bij een bruto LAI van 2 en een fractie gewasbreedte van 0.6. De fractie gewasbreedte heeft dus meer invloed op de lichtonderschepping dan de LAI zelf. De fractie gewasbreedte staat weergegeven in Figuur 21; pagina 47).



Figuur 20. Berekend verloop van de LAI vanuit de gemeten LAI minus de geplukte LAI van Fandango en Inspire. Verduisterd geeft de vroege planting aan en onverduisterd geeft de late planting aan. De nummers in de legenda zijn een combinatie van het afdelingsnummer en de gootnummers.



Figuur 21. Fractie gewasbreedte van Fandango en Inspire. De fractie gewasbreedte is de gewasbreedte gedeeld door de rijbreedte van 1.1m. Verduisterd geeft de vroege planting aan en onverduisterd de late planting aan. De nummers in de legenda zijn een combinatie van het afdelingsnummer en de gootnummers.

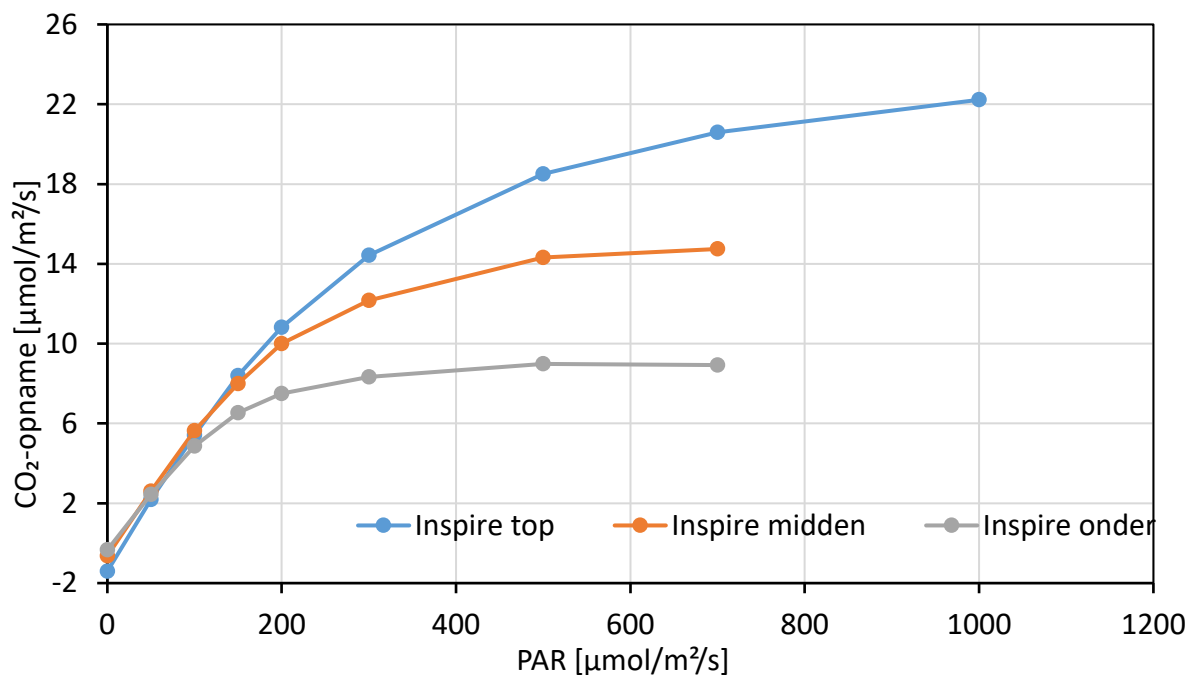
6.2.3 Blad- en gewasfotosynthese

De bladfotosynthese is in 10 lagen berekend op basis van het Farquhar, Von Caemmerer&Berry-model (FvCB-model; Farquhar, Von Caemmerer & Berry, 1980). Hierbij wordt de bladfotosynthese mechanistisch berekend. Er wordt rekening gehouden met het lichtniveau, de bladtemperatuur en het CO₂-niveau. Het model rekt met een tijdstap van 5

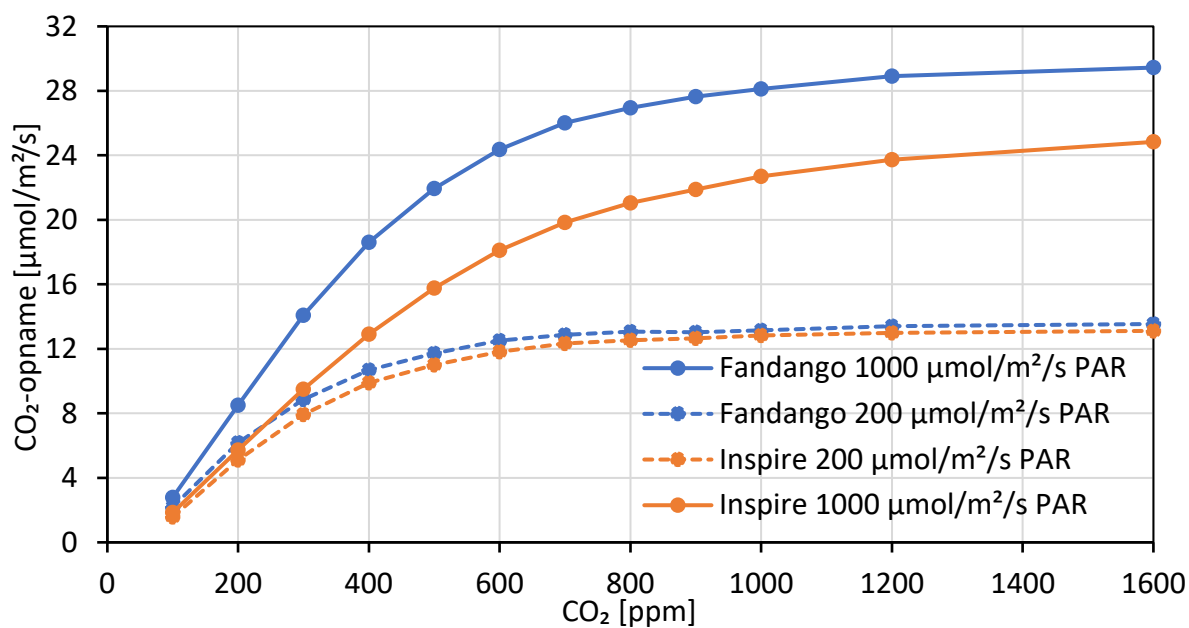
minuten: de standaard tijdseenheid van de meetbox. Door de bladfotosynthese van 10 lagen te sommeren is de gewasfotosynthese per 5 minuten berekend. Vervolgens zijn deze 5-minutenwaarden gesommeerd tot dagwaarden. Op 5-minutenbasis is het model gevoed door de lichtintensiteit, CO₂-gehalte en temperatuur. Op dagbasis is het model gevoed door de LAI en de parameters van het FvCB-model (J_{max}, V_{cmax}, alfa, theta). Daarvan verschuiven J_{max} en V_{cmax} geleidelijk gedurende het seizoen en deze parameters zijn afhankelijk van gewaspositie. Deze parameters zijn 3 maal gedurende de teelt bepaald en vervolgens geïnterpoleerd naar dagwaarden.

Bladfotosynthese

De fotosynthese-eigenschappen van de bladeren zijn driemaal gemeten en worden weergegeven in de Figuren 22-23. Te zien is dat de fotosynthese-capaciteit van dieperliggende bladlagen fors lager ligt dan die van het topblad. Er treedt CO₂-verzadiging op bij ongeveer 700 ppm. De fotosynthese-capaciteit van Fandango lag in het najaar hoger dan die van Inspire. Daarom ligt de getoonde CO₂-respons-curve van Fandango in z'n geheel boven die van Inspire (Figuur 23). Dit lijkt vooral veroorzaakt te zijn door de veranderde bladmorphologie door het optreden van dormancy-verschijnselen: dik stug blad. In maart waren de verschillen in bladfotosynthese tussen Fandango en Inspire verdwenen.



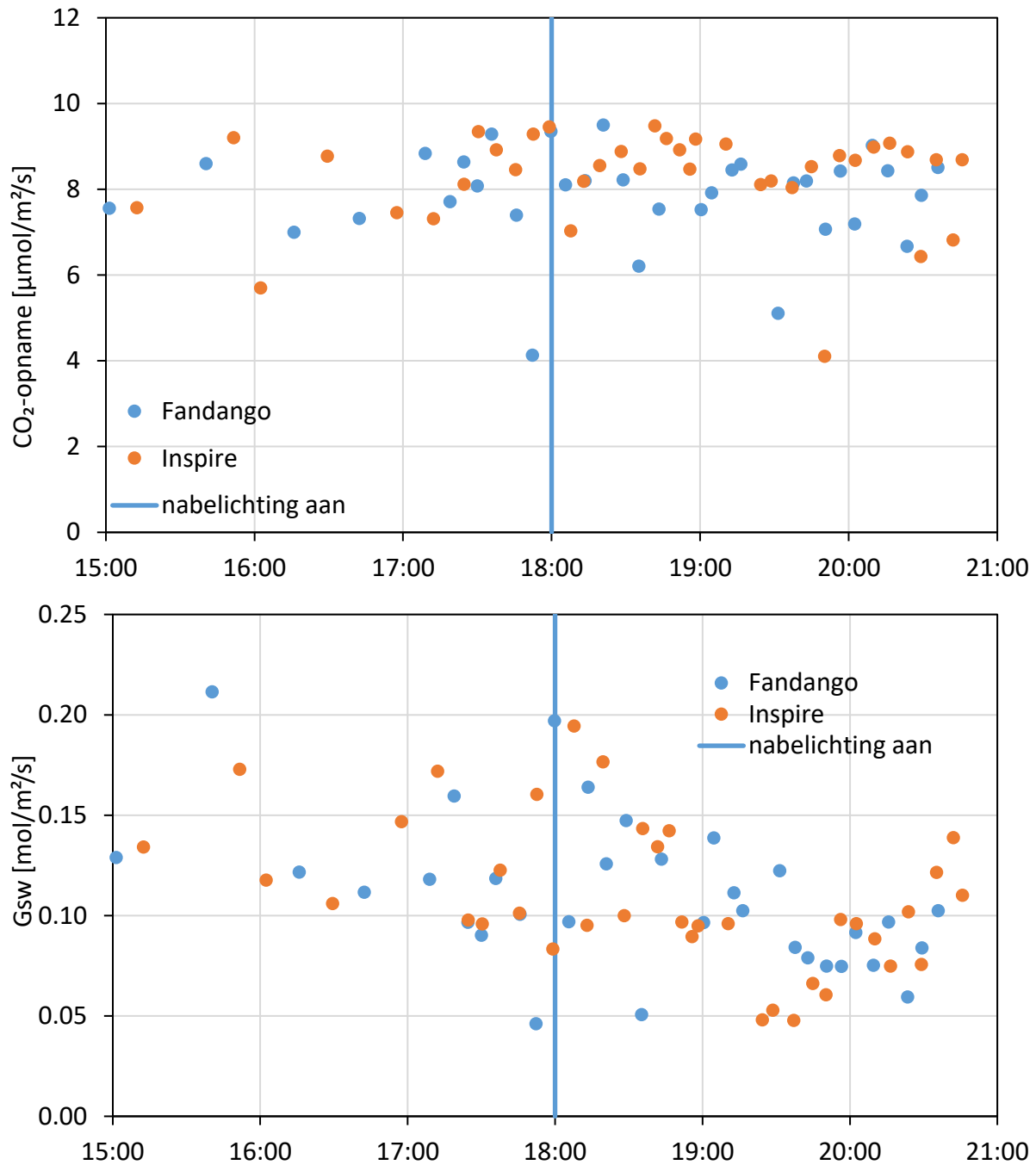
Figuur 22. Lichtrespons van de fotosynthese op drie gewashoogtes in maart voor Inspire. De metingen zijn uitgevoerd bij 800 ppm en een heersende kasttemperatuur van rond de 24 °C (n=4). Fandango en de andere twee meetmomenten lieten soortgelijke patronen zien.



Figuur 23. CO₂-respons van de fotosynthese van topbladeren in december, de metingen zijn uitgevoerd bij 200 en 1000 µmol/m²/s PAR en heersende kasttemperatuur van 20°C (n=4). Fandango had in december een hogere fotosynthese-capaciteit, vermoedelijk vanwege de dikkere bladeren (dormancy-kenmerk). In maart waren de verschillen tussen Fandango en Inspire verdwenen. De andere twee meetmomenten lieten soortgelijke patronen zien voor de CO₂-respons.

Bladfotosynthese in de avond onder de nabelichting

Onder de puur rode nabelichting van 150 µmol/m²/s is de bladfotosynthese gemeten op een avond in december en januari. In december bleef de temperatuur op 17°C en bleef de bladfotosynthese stabiel en de huidmondjes bleven open (grafiek niet getoond). Daarom is in januari besloten de temperatuur gedurende de meting te laten wegzakken. Om een daling in temperatuur af te dwingen werd het verduisteringsscherm en energiescherm geopend. Dit leverde de volgende temperatuursdaling op: rond 17:00=16°C; rond 18:00=15°C; rond 19:00=14°C, rond 20:00=13°C. Ondanks de temperatuursdaling trad er voor beide rassen geen duidelijk meetbare verlaging van de fotosynthese op na 18:00 (Figuur 24). Er trad wel een verlaging van de huidmondjesopening op, maar deze was bij de 800 ppm CO₂ (nog) niet beperkend voor de fotosynthese. Deze meting bevestigt dat onder een laag lichtniveau de temperatuur ook laag mag zijn. Er was op dat moment wel veel variatie in blad: verouderd tot (te) jong, wat lastig te zien is onder puur rood licht waardoor de metingen meer variatie laten zien. Zoals in hoofdstuk 4 genoemd, was de hoofdreden om onder rood nabelichting 17°C aan te houden het voorkomen van vochtproblemen: Hoe lager de temperatuur hoe meer kans op condensatie bij een nog verdampend gewas.



Figuur 24. Fotosynthese (CO₂-opname) en huidmondjesopening (G_{sw}) onder nabelichting rood licht gemeten in januari. Er was op dat moment wel veel variatie in blad: verouderd tot (te) jong. Dit is lastiger te zien onder puur rood licht waardoor de variatie wat groter is. Om een daling in temperatuur af te dwingen werd het verduisteringsscherm en energiescherm geopend. Dit leverde de volgende temperatuursdaling op: rond 17:00=16°C; rond 18:00=15°C; rond 19:00=14°C, rond 20:00=13°C.

Meting in de zomer: is er huidmondjessluiting?

Rond de langste dag zijn op 20 en 21 juni opnieuw de fotosyntheseparameters voor het assimilatiemodel bepaald. Vooral 20 juni was onbewolkt en heet en daarom een interessante dag om na te gaan hoe de fotosynthese functioneert onder hoge temperaturen. De bladtemperaturen tikten soms de 40°C aan. Alle geteste blaadjes hadden echter open

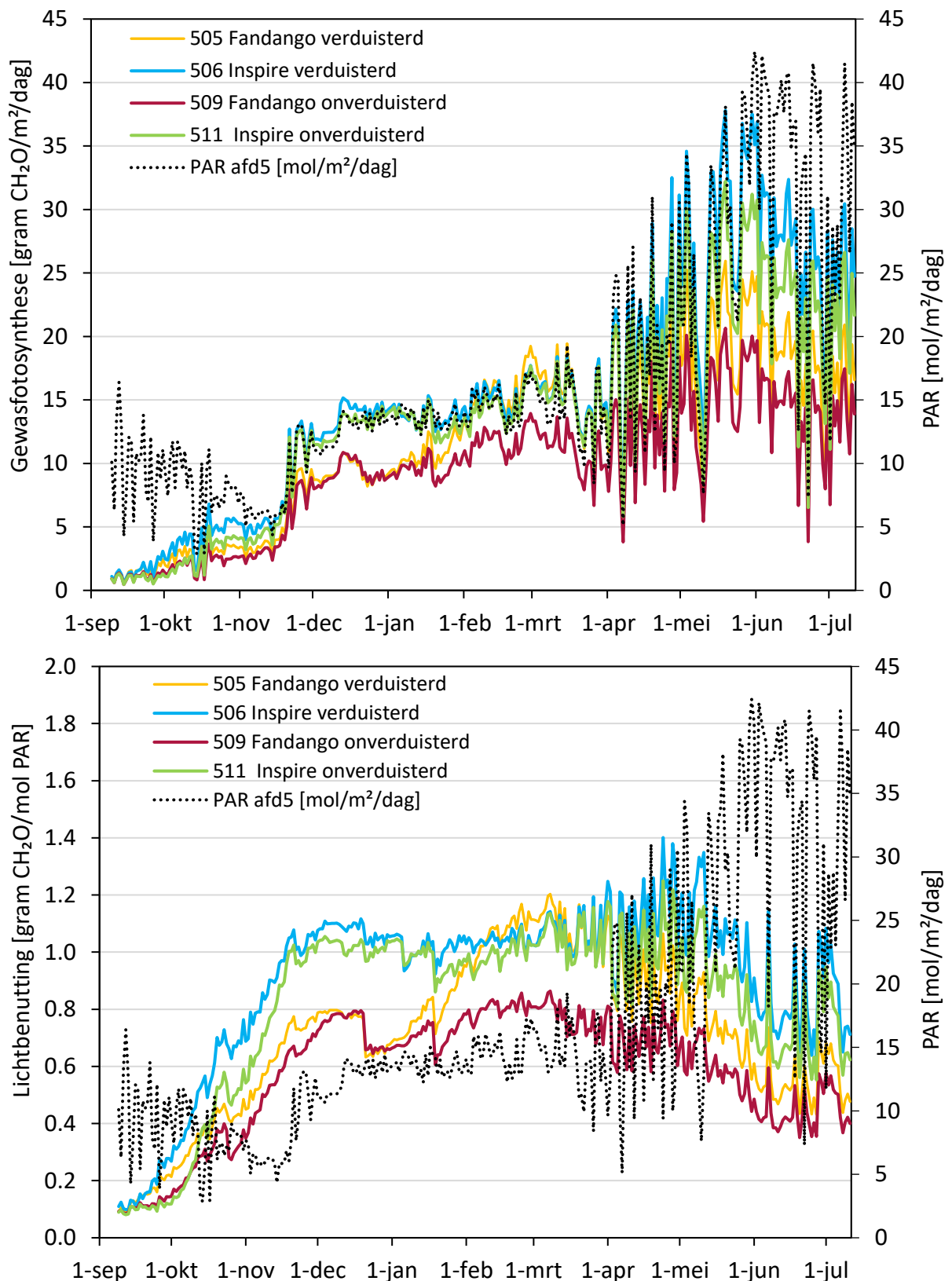
huidmondjes. De huidmondjesgeleiding lag rond de $0.26 \text{ mol/m}^2/\text{s}$. Bij tomaat en paprika zal in de zomer eerder het dubbele gemeten worden. Hierdoor ziet onder hoger instraling de energiebalans van een aardbeiblader anders dan die van een tomatenblad. Er vindt bij aardbei meer energie-afvoer via de lucht (convectie) door de hogere bladtemperatuur. Een ruwe berekening laat het volgende patroon zien onder 500W instraling:

- Aardbei: ~400W energieafvoer via verdamping en ~100W via convectie
- Tomaat: ~470W energieafvoer via verdamping en ~30W via convectie

Gewasfotosynthese

De gewasfotosynthese bestaat uit de som van fotosynthese op bladniveau verdeeld over de verschillende gewaslagen. Figuur 25 geeft de gewasfotosynthese over de tijd weer van afdeling 5 (12-uursdag in de winter):

- Vanaf september tot half november daalt de lichtsom en stijgt de gewasfotosynthese vanwege de hogere lichtonderschepping.
- De lijnen van Inspire volgen de dagelijkse PARsom in de winter redelijk goed. De lijnen van Fandango blijven lager liggen vanwege de lagere lichtonderschepping.
- Bij de stijgende lichtsommen in april, blijft Inspire de PARsom volgen, echter eind mei blijft de gewasfotosynthese achter ten opzichte van de PARsom. Dit wordt grotendeels veroorzaakt door de verlaging in CO_2 vanaf week 18 (Figuur 6; pagina 19).
- Ook in de zomer blijven beide lijnen van Fandango achterlopen ten opzichte van Inspire. Dit komt door de opnieuw optredende 'dormancy' bij Fandango waardoor de strekking (lichtonderschepping) zwaar achterbleef ten opzichte van Inspire. Dit geldt het meest voor de onverduisterde late planting van Fandango (zie voor LAI en gewasbreedte Figuur 20 en 21).
- Zolang als er een goede lichtonderschepping is en hoog CO_2 , is een lichtbenutting in gram assimilaten per mol PAR van ruim 1 haalbaar. Dit getal ligt duidelijk lager dan voor tomaat/paprika in de winter waar er rond de 1.7 is behaald (Helmus *et al.* 2020). Dit is volledig toe te schrijven aan de veel lagere lichtonderschepping van aardbei en niet aan de individuele fotosynthese-eigenschappen van de bladeren.



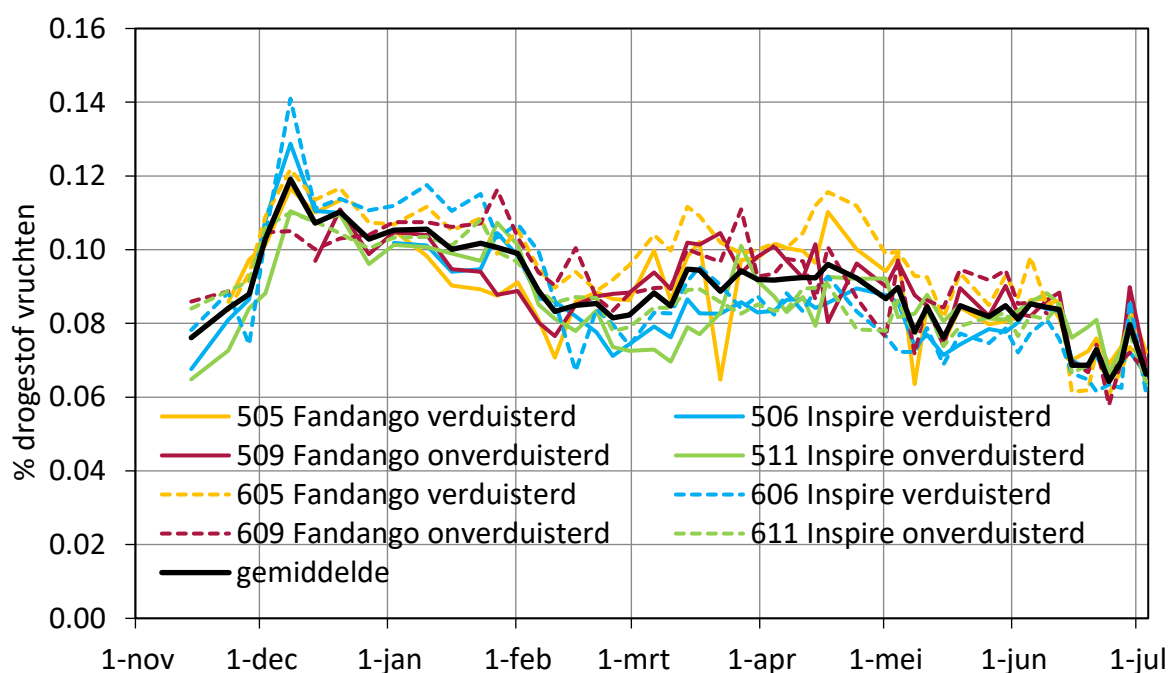
Figuur 25. Gewasfotosynthese en lichtbenuttingsefficiëntie (LUE) op assimilaatniveau (gewasfotosynthese/PAR) ten opzichte van de PARsom in afdeling 5. Afdeling 6 vertoonde dezelfde patronen. Verduisterd geeft de vroege planting aan en onverduisterd geeft de late planting aan. De nummers in de legenda zijn een combinatie van het afdelingsnummer en de gootnummers.

6.3 Sinks

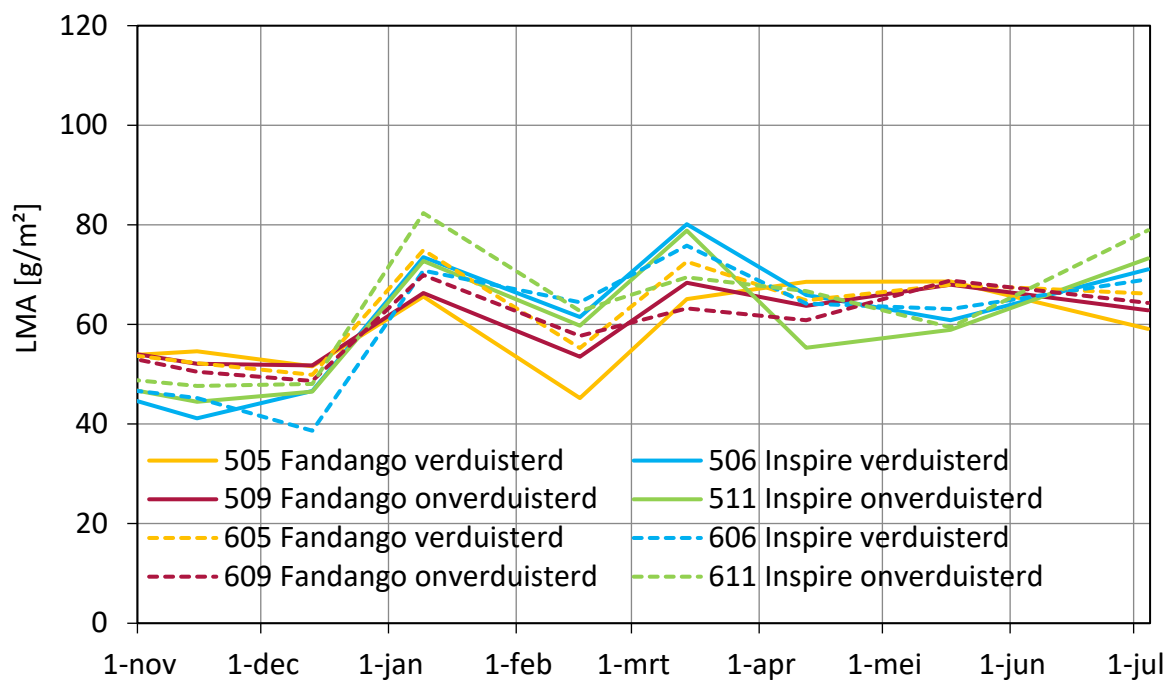
6.3.1 Generatieve en vegetatieve sinks

De sinks bij een aardbeigewas bestaan uit vruchten, bladeren en wortels. Aan de hand van de wekelijkse oogstcijfers, bijbehorend drogestofpercentage (Figuur 26) en een theoretisch verloop van de assimilatenvraag gedurende de vruchtontwikkeling (Figuur 29) is een wekelijkse schatting gemaakt van de assimilaten die naar de vruchten zijn gegaan. Aan de hand van de metingen van de LAI, de LMA van de bladeren, het aantal aanwezige bladeren, bijkomende bladeren en het aantal geplukte bladeren is de wekelijkse aanwezigheid en bijgroei van nieuw blad bepaald. Gedurende de proef bleek dat de LMA (Figuur 27) en de fractie bladsteelgewicht varieerde over het seizoen (Figuur 28). Verschillen tussen de behandelingen waren niet groot. Verder is aangenomen dat het aandeel drogestof in de wortels 30% was van het blad+stengelgewicht.

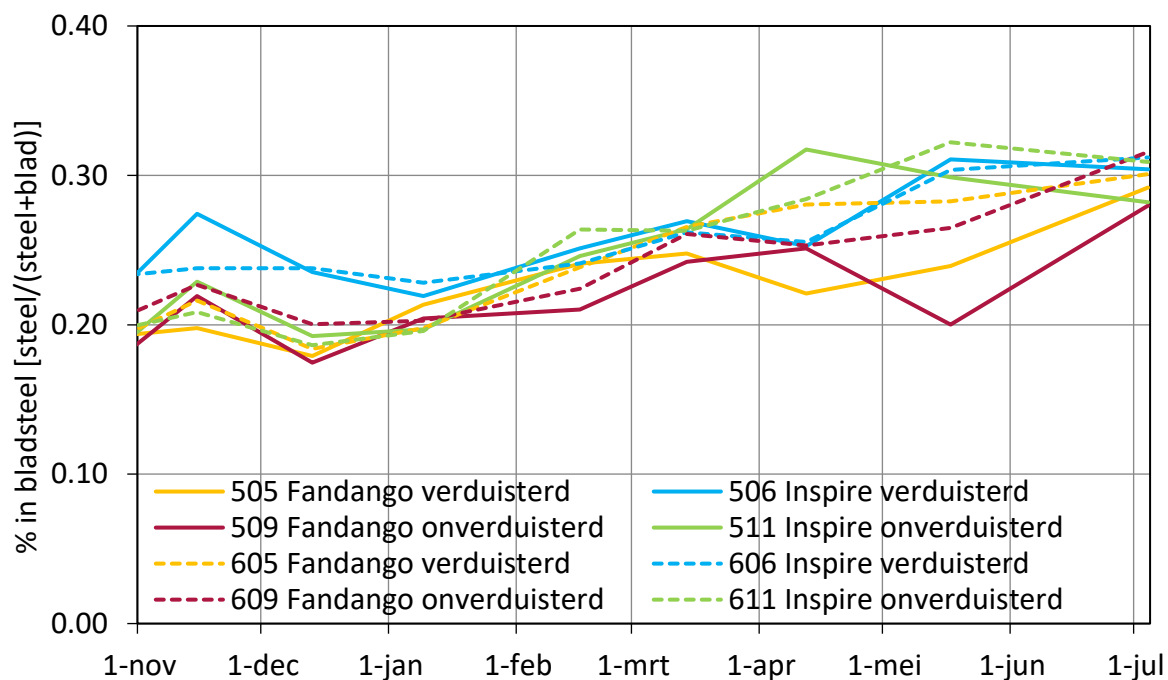
De kosten van assimilaten voor de sinks bestaan uit groei- en onderhoudsademhaling. Hiervoor is gebruik gemaakt van formules en rekenregels uit tomatenmodellen (Heuvelink, 2005).



Figuur 26. Drogestofpercentage van de vruchten gedurende de proef. Opvallend is het hoge % drogestof in de winter. Het is niet duidelijk waardoor dit komt. Het valt namelijk niet altijd samen met een relatief lage of hoge oogst. Wel had de productie theoretisch eerder op de 500-600 gram/week moeten liggen dan de 200-400 gram/week die geproduceerd is in de winter. Verduisterd geeft de vroege planting aan en onverduisterd geeft de late planting aan. De nummers in de legenda zijn een combinatie van het afdelingsnummer en de gootnummers.



Figuur 27. LMA (bladgewicht van de bladschijf in gram/m²) gedurende de proef. Verduisterd geeft de vroege planting aan en onverduisterd geeft de late planting aan (ieder datapunt bestond uit 3 samples van 5 bladeren). De nummers in de legenda zijn een combinatie van het afdelingsnummer en de gootnummers.



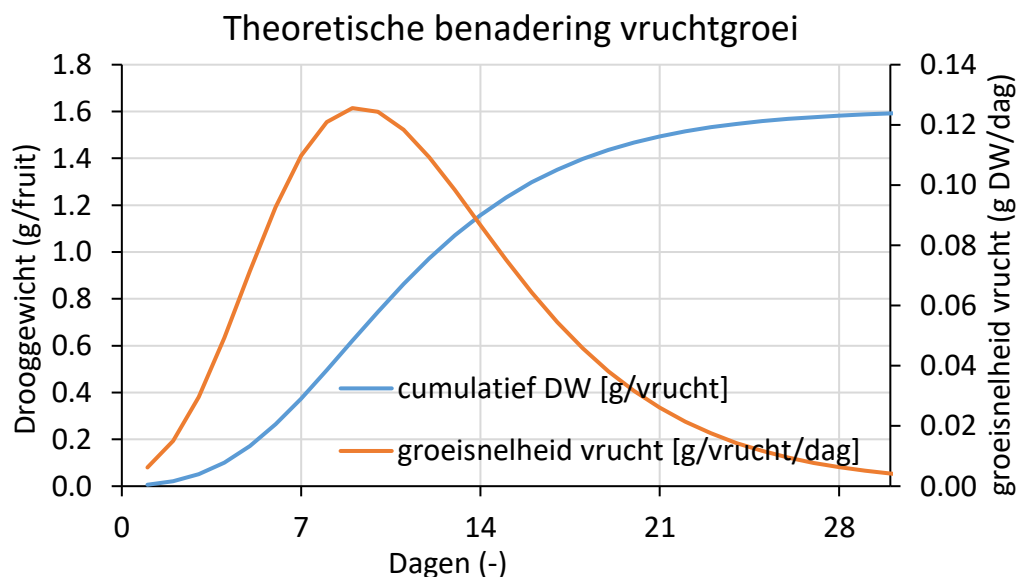
Figuur 28. Fractie bladsteelgewicht drogestof in de bladsteel gedurende de proef. Verduisterd geeft de vroege planting aan en onverduisterd geeft de late planting aan. De nummers in de legenda zijn een combinatie van het afdelingsnummer en de gootnummers.

6.3.2 Versteende vruchten

Vooral bij de verduisterde planten (vroeg planting) zit er een groot gat tussen enerzijds de plantbelasting en anderzijds de kg geoogst product met het bijbehorende gemiddelde vruchtgewicht. Een mogelijke verklaring daarvoor is een hoog aantal geaborteerde bloemen en/of versteende vruchten. Om na te gaan of hier veel drogestof in verdwijnt, zijn voor beide rassen eenmalig een aantal versteende vruchten geplukt en is het vers- en drooggewicht bepaald (Tabel 10). Het drogestofpercentage lag hoog: rond de 25%. De hoeveelheid drogestof per vrucht lag zeer laag als we dit vergelijken met een 20 grams vrucht die met 8% drogestof 1.6 gram droog weegt (2-4%). Een theoretische groeicurve van aardbei gebaseerd op die van tomaat (Figuur 29) voorspelt dat rond 3 dagen na bloei het drooggewicht op 0.05 gram zit, slechts 4 dagen verder, op dag 7, ligt dit al op de 0.37g. Het lijkt er dus op dat verstening net voor de groeispuurt van de aardbei plaats vindt. Dit suggereert dat in dit stadium de bloem en het trosstadium ervoor nog een vrij zwakke sink is. Zwakke sinks zullen het eerste last hebben van een assimilantekort. Dit assimilantekort kan op plantniveau plaats vinden maar ook alleen in de groeipunten plaats vinden. Het is niet uit te sluiten dat een hoge nachttemperatuur in de groeipunten een assimilantekort kan geven ('sugar starvation') waardoor er een onevenredig effect optreedt als hierdoor toekomstige sinks aborteren of verstenen.

Tabel 10. Gewicht versteende vruchten

	GRAM VERS	GRAM DROOG	AANTAL	%DS	DS/VRUCHT
FANDANGO	28.39	7.14	201	25%	0.035g
INSPIRE	27.21	6.38	105	23.4%	0.061g



Figuur 29. Theoretische benadering van de groeicurve van tomaat toegepast op een individuele aardbei van 20 gram vers en 1.6 gram droog bij 18°C. Deze grafiek voorspelt dat rond 3 dagen na bloei het drooggewicht op 0.05 gram zit, slechts 4 dagen verder, op dag 7, ligt dit al op de 0.37g. Het lijkt er dus op dat verstening net voor de groeispuurt van de aardbei plaats vindt.

6.4 Assimilatenbalans

6.4.1 Gemeten en berekende assimilatenverdeling

In tabel 11 staat de drogestofverdeling weergegeven van de hoofdbehandelingen. De gewasproductie lag van Inspire gemiddeld 39% hoger dan van Fandango. Dit is het gevolg van de opgetreden 'dormancy'-kenmerken. De drogestofverdeling naar de vruchten was wat gunstiger voor Fandango dan voor Inspire: respectievelijk 61% en 55% (exclusief tros). Dit percentage ligt zeker voor Inspire laag vergeleken met eerdere metingen (exclusief tros). Bij zomerteelten is in respectievelijk 2020 en 2021 met een verse Arabella 63% en 65% gemeten (Jochems *et al.* 2021, 2022). Bij de gekoelde junidrager Elsanta is eerder 64% gemeten (Beekers *et al.* 2011). In de laatste maanden van de teelt is er veel blad geplukt bij Inspire (zie ook Figuur 20; pagina 46). Inspire in die maanden generatiever houden is dus een aandachtspunt, maar het is niet helder hoe dit bewerkstelligd kan worden aangezien de daglengte in maart al bewust op 12.5 uur is vastgehouden om trosinductie te behouden.

In de tweede helft van Tabel 11 staat ook de drogestof in de bladeren weergegeven die door het 'assimilatenmodel' (op basis van de LAI-toename en de LMA-monsters) wordt berekend. Dit blijkt vooral voor Inspire goed overeen te komen met de daadwerkelijke gewasproductie. Bij Fandango is de variatie groter vooral bij de late planting op goot 509/609. Niet uit te sluiten valt dat dit komt doordat er juist op die goten meer variatie was tussen de telbak voor drogestof en de telbak voor LAI. Overall laat zien dat de gevolgde methode (toename LAI en LMA-monsters) redelijk in staat is de hoeveelheid aanwezige en bijgegroeide vegetatieve drogestof non-destructief te schatten. De hoeveelheid assimilaten die nodig is voor de gemeten drogestof in blad, bladsteel, wortel en vruchten is op weekbasis berekend (Figuur 30). Overall ligt de cumulatieve aanmaak (gewasfotosynthese) en verbruik voor Inspire boven de 90% en voor Fandango boven de 80% (Figuur 31). Op assimilaatniveau ligt de assimilatenverdeling naar de vruchten lager dan op drogestofniveau. Dit komt omdat bladeren uiteindelijk relatief meer onderhoud vragen dan vruchten omdat bladeren ten minste twee keer zo lang aan de plant hangen dan vruchten.

Tabel 11. Gemeten drogestofverdeling en berekende drogestof- en assimilatenproductie van Fandango en Inspire.

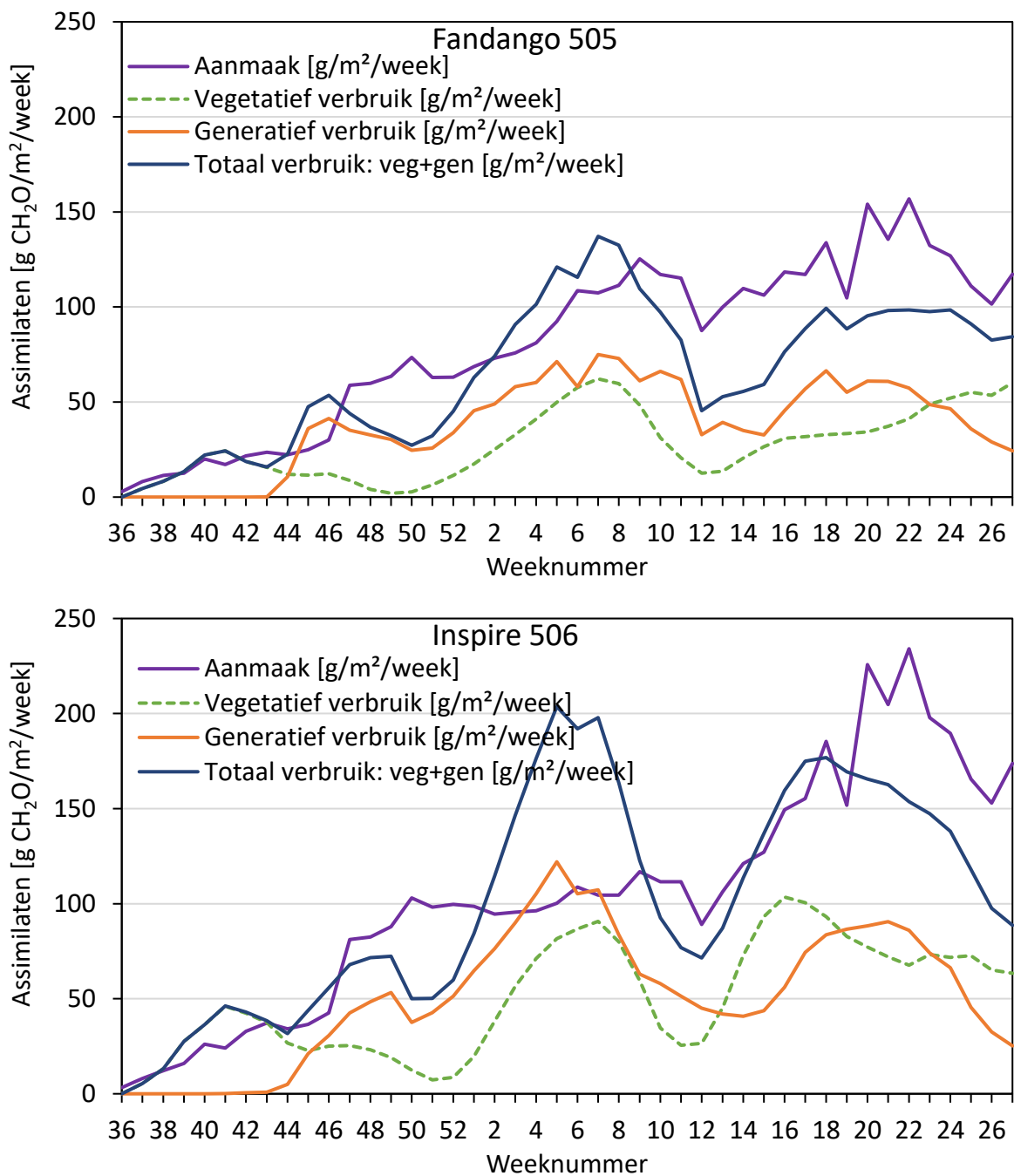
	Fandango Verd. 505	Inspire Verd. 506	Fandango Onverd. 509	Inspire Onverd. 511	Fandango Verd. 605	Inspire Verd. 606	Fandango Onverd. 609	Inspire onverd. 611
	Gemeten drogestof [g/m ²]							
<i>Blad</i>	531	877	451	842	557	950	701	875
<i>Ranken</i>	16	4	6	8	1	5	1	3
<i>Trossen</i>	74	129	55	112	60	132	78	113
<i>Rhizoom</i>	70	83	58	91	73	101	77	106
<i>Vegetatief totaal</i>	691	1093	570	1053	690	1187	857	1097
<i>Vruchten</i>	1142	1526	1106	1333	1028	1388	1112	1271
<i>Totaal plant</i>	1833	2620	1677	2387	1718	2575	1969	2368
<i>% naar vruchten</i>	62%	58%	66%	56%	60%	54%	56%	54%
	‘Assimilatenmodel’ [g/m ² drogestof en assimilaten]							
<i>blad DS berekend</i>	496	854	373	798	482	915	568	877
<i>blad berekend/gemeten</i>	93%	97%	83%	95%	87%	96%	81%	100%
<i>Berekende netto aanmaak</i>	3565	4598	2887	4134	3668	4709	3702	4273
<i>Berekend verbruik</i>	2885	4446	2549	3976	2691	4271	2967	3938
<i>Verbruik/aanmaak</i>	81%	97%	88%	96%	73%	91%	80%	92%
<i>% naar vruchten op assimilaatniveau</i>	49%	42%	55%	41%	46%	40%	47%	40%

6.4.2 Berekende assimilatenbalans

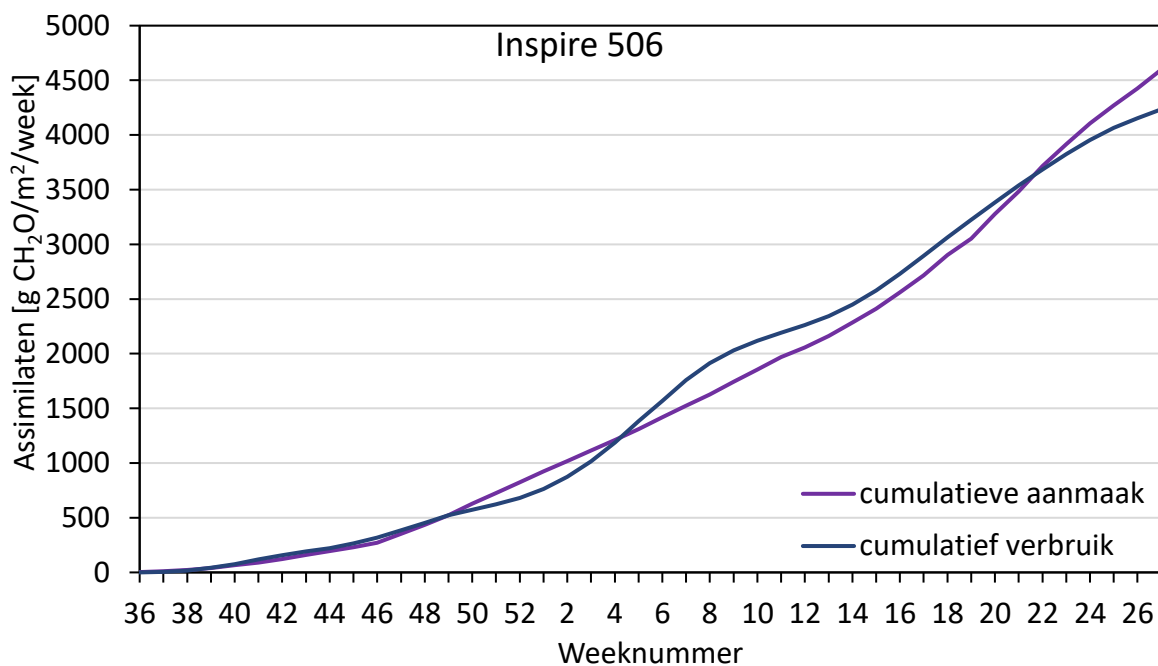
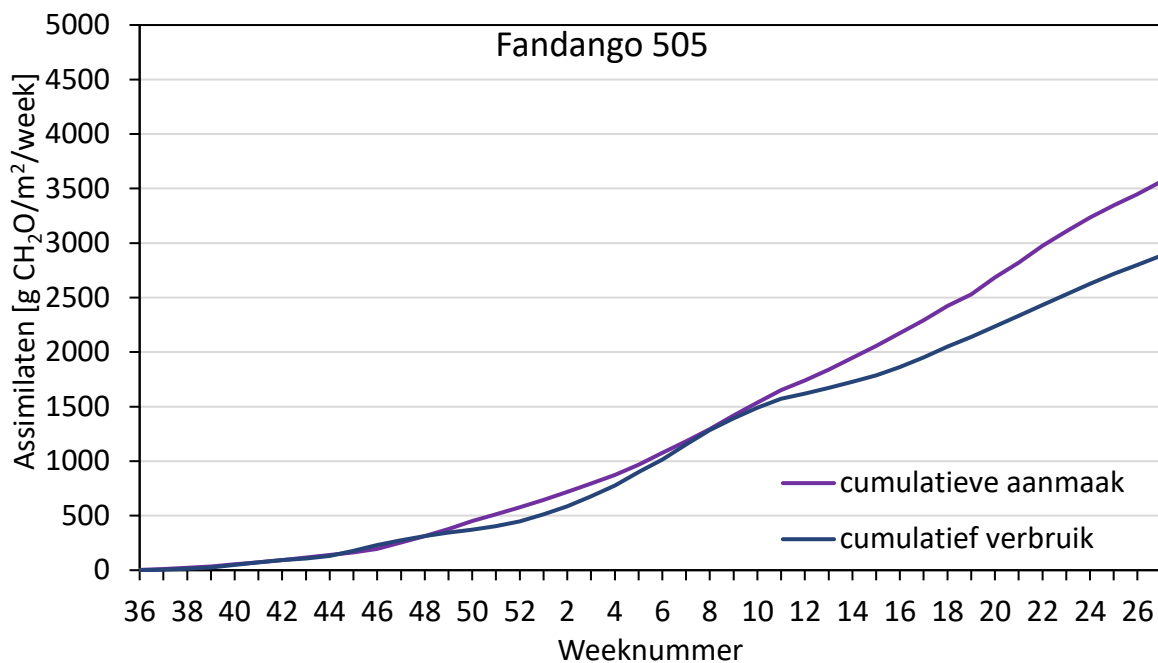
In Figuur 30 zijn de assimilatenstromen op weekbasis in beeld gebracht van de vroege planting van Fandango en Inspire in afdeling 5. Te zien is dat Fandango rond week 45/46 een relatief groot assimilaten tekort heeft wat vervolgens omdraait in een fors assimilaten overschot in de weken 47-52. Na week 9 blijft er de hele lente en zomer een assimilaten overschot. Het vegetatief verbruik dipt naar bijna 0 in week 49, dit is iets later ook bij Inspire het geval (Figuur 30). Dit duidt op interne stilstand: als er geen nieuwe bladeren ontwikkelen, zullen er ook nauwelijks trossen bijkomen. Er wordt aangenomen dat er tussen trosinitiatie en oogst zo’n 28.000-29.000 GDH zitten. Dit betekent dat interne stilstand zo’n 12-14 weken later waar te nemen zal zijn als oogstdip. Dit is inderdaad voor beide rassen het geval: een dip in generatief en vegetatief verbruik rond week 50 en week 12. Door de cyclische belichting rondom de jaarwisseling komen beide rassen vegetatief weer op gang.

Inspire lijkt in de eerste weken van de proef een assimilaten tekort te hebben in de nog vegetatieve groeifase. Vermoedelijk is dit een kunstmatig berekend tekort aangezien de LMA behoorlijk variabel kan zijn: een lage LMA bij jong blad en hoger bij het oudere blad (hoge startwaarde in Figuur 27, door abrupt de LMA te laten dalen, verdwijnt het assimilaten tekort). Als de oogst start, is er in week 45/46 wel een licht assimilaten tekort. Dit draait in week 47 om naar een overschot omdat toen de lichtintensiteit fors is verhoogd terwijl in week 50 de

productie terugvalt. De dip in productie rond week 50-52 is toe te wijzen aan de lage plantbelasting wat mogelijk verband houdt met de opgetreden 'dormancy': vertraagde opvolging van de trossen. Niet uit te sluiten valt dat de trosinitiatie rond week 38-40 door een nog onbekende reden is achtergebleven. Na week 2 ontstaat er een enorm berekend assimilantekort tot week 9 omdat er van week 4-11 gemiddeld 750 gram per week werd geoogst en er gemiddeld 0.4m² blad per week bij kwam. Vanaf week 20 tot einde proef is er een fors assimilatenoverschot. Om gemiddeld 500gram/m² vers per week te oogsten is bij een drogestofpercentage van 9% zo'n 66 gram assimilatie/week nodig. Dan is er bij een assimilatie van 100 gram/week (Inspire winter met 14 mol PAR) rond de 0.25-0.3m² bladverversing mogelijk. Dit laat zien dat een gemiddelde winterproductie van 500g/m²/week theoretisch zeker haalbaar is.



Figuur 30. Assimilatenbalans op weekbasis gedurende de proef van de verduisterde Fandango en Inspire. De aanmaak is de gewasfotosynthese op weekbasis. Het generatief verbruik is berekend op basis van de oogst en de benodigde assimilaten zijn verdeeld over de voorgaande weken zoals weergegeven in Figuur 29. Het vegetatief verbruik is berekend op basis van de onderhoudsademhaling van het aanwezige blad, de stengels en wortels en de groei-ademhaling van de bijgroei van blad, stengel en wortel.



Figuur 31. Cumulatieve aanmaak en verbruik van assimilaten van de verduisterde Fandango en Inspire. De aanmaak is de gewasfotosynthese op weekbasis. Het verbruik is berekend op basis van de oogst en op basis van de onderhoudsademhaling van het aanwezige blad, de stengels en wortels en de groei-ademhaling van de bijgroei van blad, stengel en wortel.

6.5 Conclusies assimilatenbalans

Op drogestofniveau is de proef met de gevolgde methode redelijk goed na te rekenen. Voor Inspire liggen de berekende aanmaak en verbruik van assimilaten vrij dicht bij elkaar. Hiermee wordt het een nuttig instrument om na te gaan wanneer er momenten van assimilatenoverschot of tekort waren. De assimilatenbalans is echter niet doorslaggevend in

het geven van verklaringen. Bij aardbei speelt namelijk ook de hormoonbalans een rol, bijvoorbeeld: (1) dormancy bijvoorbeeld zou vertragend kunnen werken op trosuitloop ondanks dat er voldoende assimilaten beschikbaar zijn; (2) trosinductie kan door daglengte worden tegengehouden ondanks een assimilatenoverschot.

Als de hormoonbalans niet tegenwerkt, is de volgende stap na de assimilatenbalans een voorspellend model. Er zijn echter nog een aantal bottlenecks om daar te komen:

- De trosverschijningsnelheid is variabel door:
 - Variabele 'cilindersnelheid' (ontwikkeling van de apex van de hoofdneus). Ook in deze proef kwam het voor dat enige tijd de LAI-ontwikkeling (bijna) stilstond. Dit duidt op een stilstaande cilinder (apex) waardoor er zo'n 12-14 weken later een gat in de oogst kan vallen.
 - Als er zijneuzen ontwikkelen verhoogt dit 'onverwacht' het aantal trossen per vierkante meter veel sneller dan op grond van de oorspronkelijke plantdichtheid verwacht kan worden. Dit resulteert later in een piekvraag aan assimilaten en pauzestand van de cilinders (van de hoofd- en zijneuzen).
- Gegeven een bepaalde trosverschijning is het aantal vruchten per tros variabel zodat ook met eenzelfde aantal trossen de plantbelasting nog (fors) kan verschillen.
- Als laatste: de individuele sinksterkte van de vruchten is afhankelijk van meerdere zaken:
 - Bloemgrootte (onder andere temperatuur en assimilatenbalans tijdens de ontwikkeling)
 - Positie van de vrucht op een tros. De primaire vrucht zou een net zo grote sinksterkte hebben als de twee secundaire vruchten en de vier tertiaire vruchten (zie referentie naar Sherman & Janick, 1966 in Stutte & Darnell 1987).

Bovenstaande maakt duidelijk dat voor een mechanistisch gewasgroeimodel voor aardbei vereist is dat de hormoonbalans geen versturende factor is in het geheel en dat een planttype (genetica) waarbij er controle is over zijneusontwikkeling, trosaanleg, -verschijning en -grootte zeer wenselijk is.

7 Conclusies en slotbeschouwing

7.1 Conclusies

Het project kende twee hoofddoelen: (1) Halvering van de input van gas en elektriciteit per vierkante meter: respectievelijk van 15 naar 7.5m³ en van 200kWh/m² naar 100kWh; en (2) jaarrond trosinducerend telen in balans waarbij in de winter een oogst van ruim 500g/m²/week kan worden behaald.

Voor energie was de doelstelling halvering van de input van gas en elektra ten opzichte van een traditioneel belichte teelt. Deze doelstelling is behaald aangezien er in de afdeling met de winterse 12-uursstrategie zo'n 7m³/m² gas nodig was en er ruim 100 kWh/m² is verbruikt.

- Schattingen met behulp van warmtedoorgangs-coëfficiënten van 1.5W/m²/°C voor de inpandige kas en 3W/m²/°C voor een commerciële kas van 1ha suggereren dat de inpandige kas maximaal 10% lager gasverbruik heeft dan een commerciële kas. Praktijkverbruik zal dan eerder rond de 8m³/m² liggen.
- Het gasverbruik in de winterse 18-uursstrategie lag, gecompenseerd voor het geveleffect, zo'n 2.5m³ hoger. Dit komt omdat in de uren dat de nabelichting aanstond er 17°C in de kas werd aangehouden om risico's voor condensatie te verkleinen. Zolang er niet actief wordt ontvochtigd, kost deze nabelichtingsstrategie dus meer gas. Dit geldt niet als de elektriciteit wordt gemaakt door een WKK en er sowieso een warmteoverschot ontstaat van 12m³ aardgasequivalenten. Bij 45% elektrische efficiëntie van de WKK is er — 1m³ ≈ 10kWh aardgasequivalenten — 10/0.45 = 22m³ gas nodig voor 100 kWh elektriciteit.

Om eerder in productie te komen, is een deel van de planten het afgelopen jaar tijdens de opkweek verduisterd tot zo'n 10 uur daglengte op het trayveld. In september 2022 zijn deze planten in de kas geplant. De verduisterde planten waren duidelijk eerder in productie. Voldoende groeigraduren trosinductie maken in de fase voor het planten is een voordeel om de vegetatieve (niet vruchtdragende) fase in de kas korter te maken. Eind oktober werd waargenomen dat Fandango beperkt strekte en zijneuzen aan het ontwikkelen was. Achteraf gezien waren dat al tekenen van (beginnende) dormancy. Eind december werd ook (beginnende) dormancy geconstateerd bij Inspire. Door middel van cyclische belichting zijn beide rassen uit dormancy getrokken. Dormancy remt de strekking van de jonge bladeren, geeft een pauze in de trosinductie of doorgroei van de trossen en daardoor ook in oogst waardoor in de winter de 500g/m²/week niet is behaald. Ook raakt hierdoor de plant uit balans waardoor er weer (te hoge) oogstpieken en dalen optreden. Uiteindelijk kwam de best producerende behandeling van Inspire uit op ruim 17kg/m²². Echter doordat de planten uit balans waren, heeft dit een negatief effect op de vruchtmaat/sortering. Het blijkt dat voor een

² NB. Van de hoofdbehandelingen is een teeltcontainter neergezet in een andere afdeling om na te gaan of er in potentie nog langer doorgeteeld had kunnen worden. Er bleek nog bijna 3kg/m² te zijn geproduceerd met nauwelijks verschil tussen beide afdelingen, totaal dus 20kg/m²/jaar voor Inspire.

verse (niet gekoelde) Fandango een daglengte van rond de 12 uur te kort is om dormancy te vermijden: dormancy trad niet alleen op in het najaar, maar verrassend genoeg ook in het voorjaar. Bij Inspire trad dormancy alleen op in het najaar. Vanaf week 47 was in de 18-uurskas de daglengte langer dan 12 uur met rood nabelichting. Dit heeft dormancy niet kunnen voorkomen. Mogelijk had de nabelichting weken eerder moeten worden aangezet. Het verduisteren in het voorjaar heeft wel voor een doorgaande trosinductie gezorgd zodat er tot het einde van de proef in week 28 en enige weken daarna (noot 2) vruchten zijn geoogst.

7.2 Slotbeschouwing

De aardbeienteelt staat voor de uitdaging om op termijn fossielvrij te worden. Op energiegebied zijn er in de beschreven proef significante stappen gezet naar reductie van elektriciteit en gas. Een belangrijke verdere reductie zit in de controle van de verdamping en het omgaan met de latente warmte. Hiervoor kan er aan actieve ontvochtiging met warmteterugwinning kunnen worden gedacht.

Naast de energieaspecten wordt gestreefd naar een systeeminnovatie door een andere wijze van telen. De huidige jaarrond teeltwijze met een gekoelde junidrager wordt gekenmerkt door elkaar opeenvolgende teelten van 3-4 maanden die eerst een vegetatieve fase kennen en vervolgens een generatieve fase. Een oogstpiek met een ongewenst lage vruchtmaat is hierbij vrijwel onvermijdelijk. Tijdens de oogstpiek wordt er zo koel mogelijk geteeld en kan er niet of nauwelijks geteeld worden volgens de principes van Het Nieuwe Telen (maximale kasisolatie en voorkomen van afluchten van warmte). In beschreven onderzoek is er met verse (niet gekoelde junidrager) geteeld onder tros-inducerende omstandigheden. De potentiële productie is dan veel hoger, omdat niet opnieuw een opbouwfase van het gewas benodigd is en oogstpieken en dalen worden vermeden als het lukt om de plant in balans te houden. Met deze systeeminnovatie kan wèl volgens de principes van Het Nieuwe Telen worden geteeld.

Een redelijk gelijkmatige en planbare productie is voor de praktijk een vereiste om mee te gaan in deze systeeminnovatie. De huidige productie met de gekoelde junidrager is namelijk vrij goed planbaar wat richting de markt een heel belangrijk pluspunt is. De teelt in balans met een verse junidrager blijft echter nog een grote uitdaging. Als we in de leer gaan bij de tomatenteelt zien we botanisch gezien drie voorwaarden om in balans te telen: (1) het aantal stengels per vierkante meter wordt bepaald door de teler, (2) de blad-trosverhouding staat plantkundig vast en (3) de trosgrootte wordt ook door de teler bepaald. Bij aardbei zijn deze drie zaken variabel en kan er alleen via klimaat gestuurd worden op de plantbalans. Dit is vele malen moeilijker. Mogelijk kan veredeling hierin helpend zijn om een vaste neusdichtheid (stengeldichtheid), een vaste blad-trosverhouding, en trosgrootte makkelijker te realiseren.

In de beschreven proef was het optreden van (beginnende) dormancy dé versturende factor waardoor de plant uit balans raakte. Waarschijnlijk werd de trosuitloop van Fandango in het najaar vertraagd door de dormancy. Hierdoor ontstaat een assimilatenoverschot. Dit werkt de uitloop van zijneuzen in de hand. Zijneuzen die min of meer gelijktijdig uitlopen, zullen ook

gelijktijdig een tros geven waardoor er een productiepiek ontstaat. Eenmaal uit balans lijkt er dus een zichzelf versterkend proces te starten: Een te hoge plantbelasting voor de hoeveelheid licht (onbalans in assimilatenbehoefte) zal de cilindersnelheid van de plant doen vertragen of zelfs doen stoppen. Daardoor ontstaat er een pauze in de trosverschijningsnelheid dat als vanzelf een pauze in productie oplevert. Een pauze in productie creëert een assimilatenoverschot. Hierdoor zal de hoofdcilinder waarschijnlijk weer op gang komen maar de kans is groot dat deze zijn dominantie al verloren heeft waardoor zijknoppen de kans krijgen uit te lopen (ontwikkeling zijneuzen die later gelijktijdig te veel trossen geven). Zo kan er gesteld worden dat een piek in plantbelasting/productie een dal bewerkstelligt en andersom. Het voorkomen van dormancy is dus een randvoorwaarde om aardbei in balans te houden. Het optreden van dormancy wordt geweten aan onder andere daglengte en temperatuur. Daarom wordt in een apart onderzoek de interactie tussen daglengte en temperatuur in een klimaatkamer van Plant Lighting beproeft (Aardbei fossielvrij jaarrond: de laatste stap om in balans te kunnen telen?). Verdere stappen in het teeltconcept worden uitgevoerd bij Delphy ISFC in het seizoen '23/'24 (Aardbei onder controle II: naar een fossielvrije jaarrond teelt).

Referenties

- Beekers M, Palings R, Valentijn M, Verberkt H, 2011. Plantsensoren en modellering. De volgende stap in optimalisatie bedrijfsvoering door inzicht in plantprocessen aardbei 'Elsanta'. DLV-plant.
- Elings A, Van Hoogdalem M, Kempkes F, Jongenelen B, Janse J, Jochems S, Schuddebeurs L, 2023. Aardbei fossielvrij. WUR Rapport WPR-1216, 72p.
- Helmus-Schuddebeurs L, Zwinkels J, Hogewoning SW, 2020. Hoe wordt jaarrond productie van paprika rendabel? Toepassing van LED belichting in paprika. Bleiswijk, 50p.
- Heuvelink E, 2005. Tomatoes. (Crop production science and horticulture; No. 13). CAB International.
- Farquhar GD, Caemmerer SV, Berry JA, 1980. A biochemical model of photosynthetic CO₂ assimilation in leaves of C-3 species. *Planta* 149, 78–90.
- Monsi M, Saeki T, 2005. On the factor light in plant communities and its importance for matter production. *Ann. Bot.* 95, 549–567.
- Nawrocki KR, 1985. Meting warmteoverdrachtscoëfficiënt voor convectie van verwarmingspijpen in kassen. Wageningen, 31p.
- Jochems S, Jongenelen B, Dorrestijn B, Trouwborst G, 2021. Aardbei in balans met verse doordragers, Bleiswijk 45p.
- Jochems S, Jongenelen B, Dorrestijn B, Trouwborst G, 2022. Richting de toekomst telen met doordragers, Doordragers in balans: deel 2, Bleiswijk 60p.
- Stutte GW, Darnell RL, 1987. A nondestructive developmental index for strawberry. *HortScience*, 22, 218-221.
- Trouwborst G, Noordhoek EP, De Jager D, van Endschoot R, Jongenelen B, Hogewoning SW, 2023. Aardbei: effecten van fotoperiode en lichtspectrum op trosinductie en strekking. Deelrapport V in project "Fundamentele kennisontwikkeling LED-belichting voor praktische toepassing in de kas I & II". Plant Lighting B.V. Bunnik. 119p.

Bijlage 1. Bloemonderzoek

Het bloemonderzoek van de verduisterde planten is op 29 augustus en 12 dagen later op 10 september uitgevoerd. Te zien is dat op 29 augustus de planten nog te vegetatief zijn. Het ontwikkelingsstadium van de apex moet bij voorkeur 3 of hoger zijn.

Bloemknoponderzoek Delphy

Naam BKO: Remco van Endschoot



Sample Date	Grower	Sample Code	Plant type	Grading	Plantnr	Position	Apex development stage	Truss length (cm)
29-8-2022	ICSF	Fandango Verduisterd	Module		1	first truss	0	
29-8-2022	ICSF	Fandango Verduisterd	Module		2	first truss	2.5	
29-8-2022	ICSF	Fandango Verduisterd	Module		3	first truss	0	
29-8-2022	ICSF	Fandango Verduisterd	Module		4	first truss	2.5	
29-8-2022	ICSF	Fandango Verduisterd	Module		5	first truss	0	
29-8-2022	ICSF	Fandango Verduisterd	Mini-Tray		1	first truss	0	
29-8-2022	ICSF	Fandango Verduisterd	Mini-Tray		2	first truss	0	
29-8-2022	ICSF	Fandango Verduisterd	Mini-Tray		3	first truss	1	
29-8-2022	ICSF	Fandango Verduisterd	Mini-Tray		4	first truss	0	
29-8-2022	ICSF	Fandango Verduisterd	Mini-Tray		5	first truss	2	
29-8-2022	ICSF	Fandango Verduisterd	Tray		1	first truss	0	
29-8-2022	ICSF	Fandango Verduisterd	Tray		2	first truss	0	
29-8-2022	ICSF	Fandango Verduisterd	Tray		3	first truss	0	
29-8-2022	ICSF	Fandango Verduisterd	Tray		4	first truss	0	
29-8-2022	ICSF	Fandango Verduisterd	Tray		5	first truss	0	
29-8-2022	ICSF	Inspire Verduisterd	Module		1	first truss	1	
29-8-2022	ICSF	Inspire Verduisterd	Module		2	first truss	0	
29-8-2022	ICSF	Inspire Verduisterd	Module		3	first truss	0	
29-8-2022	ICSF	Inspire Verduisterd	Module		4	first truss	2.5	
29-8-2022	ICSF	Inspire Verduisterd	Module		5	first truss	1	
29-8-2022	ICSF	Inspire Verduisterd	Mini-Tray		1	first truss	0	
29-8-2022	ICSF	Inspire Verduisterd	Mini-Tray		2	first truss	0	
29-8-2022	ICSF	Inspire Verduisterd	Mini-Tray		3	first truss	1	
29-8-2022	ICSF	Inspire Verduisterd	Mini-Tray		4	first truss	7	
29-8-2022	ICSF	Inspire Verduisterd	Mini-Tray		5	first truss	0	
29-8-2022	ICSF	Inspire Verduisterd	Tray		1	first truss	0	
29-8-2022	ICSF	Inspire Verduisterd	Tray		2	first truss	0	
29-8-2022	ICSF	Inspire Verduisterd	Tray		3	first truss	0	
29-8-2022	ICSF	Inspire Verduisterd	Tray		4	first truss	0	
29-8-2022	ICSF	Inspire Verduisterd	Tray		5	first truss	0	



Bloemknoponderzoek Delphy

Naam BKO: Remco van Endschoot

Sample Date	Grower	Sample Code	Plant type	Grading	Plantnr	Position	Apex development stage	Truss length (cm)	Comments
10-9-2022	ICSF	Fandango Verduisterd	Module		1	first truss	3.5	0.05	Bloemaanleg gestart gemiddeld stadium 3,6 lengte 0,05cm = 4100GDH in bloemaanleg. Spreiding is tussen 5500 en 3000 GDH in bloemaanleg (plant 2 en plant 5 hadden een verwijderede voorbloeitros)
10-9-2022	ICSF	Fandango Verduisterd	Module		2	first truss	2.5	0.02	
10-9-2022	ICSF	Fandango Verduisterd	Module		3	first truss	4	0.07	
10-9-2022	ICSF	Fandango Verduisterd	Module		4	first truss	5	0.10	
10-9-2022	ICSF	Fandango Verduisterd	Module		5	first truss	3	0.03	
10-9-2022	ICSF	Fandango Verduisterd	Mini-Tray		1	first truss	4	0.06	Bloemaanleg gestart gemiddeld stadium 4,1 lengte 0,07cm = 4600GDH in bloemaanleg. Spreiding is tussen 5500 en 4000 GDH in bloemaanleg (ps zaten maar 4 planten in de zak)
10-9-2022	ICSF	Fandango Verduisterd	Mini-Tray		2	first truss	3.5	0.05	
10-9-2022	ICSF	Fandango Verduisterd	Mini-Tray		3	first truss	4	0.07	
10-9-2022	ICSF	Fandango Verduisterd	Mini-Tray		4	first truss	5	0.10	
10-9-2022	ICSF	Inspire Verduisterd	Module		1	first truss	5.5	0.14	Bloemaanleg gestart gemiddeld stadium 4,8 lengte 0,17cm = 5300GDH in bloemaanleg. Spreiding is tussen 8500 en 3500 GDH in bloemaanleg (plant 2 had een voorbloeitros van stage 8 >1cm)
10-9-2022	ICSF	Inspire Verduisterd	Module		2	first truss	6	0.20	
10-9-2022	ICSF	Inspire Verduisterd	Module		3	first truss	3.5	0.05	
10-9-2022	ICSF	Inspire Verduisterd	Module		4	first truss	3	0.04	
10-9-2022	ICSF	Inspire Verduisterd	Module		5	first truss	6	0.40	
10-9-2022	ICSF	Inspire Verduisterd	Mini-Tray		1	first truss	4.5	0.08	Bloemaanleg gestart gemiddeld stadium 3,2 lengte 0,04cm = 3700GDH in bloemaanleg. Spreiding is tussen 5000 en 3000 GDH in bloemaanleg
10-9-2022	ICSF	Inspire Verduisterd	Mini-Tray		2	first truss	3	0.04	
10-9-2022	ICSF	Inspire Verduisterd	Mini-Tray		3	first truss	3	0.04	
10-9-2022	ICSF	Inspire Verduisterd	Mini-Tray		4	first truss	3	0.04	
10-9-2022	ICSF	Inspire Verduisterd	Mini-Tray		5	first truss	2.5	0.02	

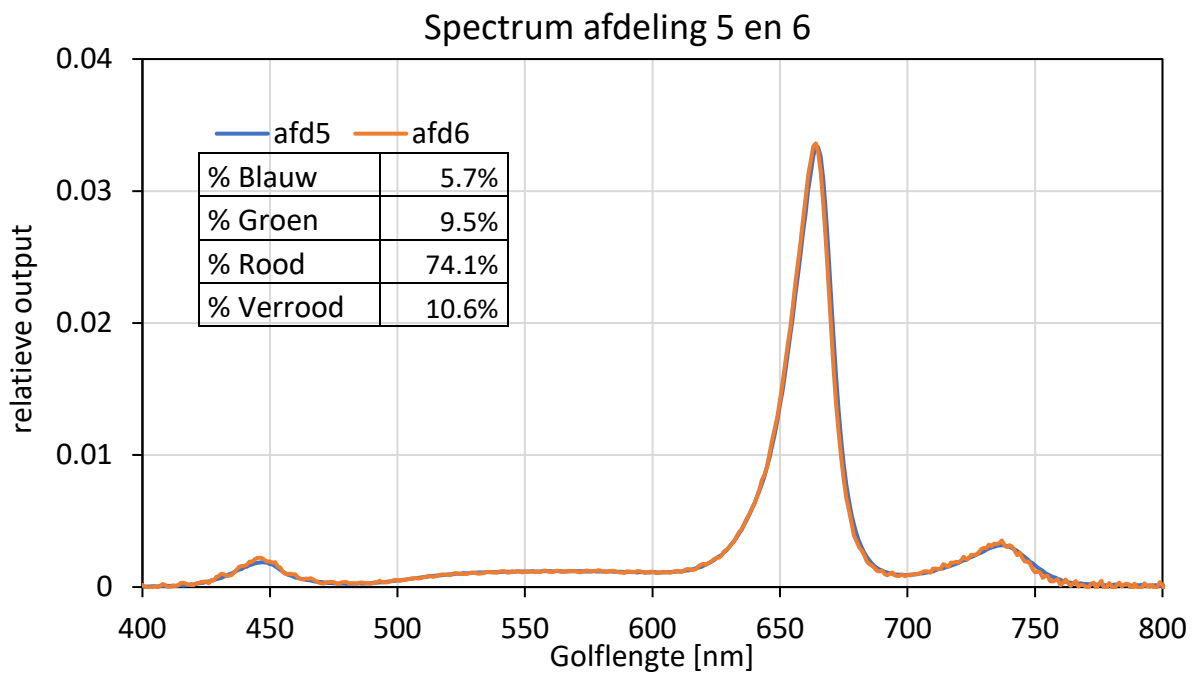


Bloemknoponderzoek Delphy

Naam BKO: Remco van Endschoot

Sample Date	Grower	Sample Code	Plant type	Grading	Plantnr	Position	Apex developme nt stage	Truss length (cm)	BLP	Comments
26-9-2022	ICSF	Fandango	Module		1	first truss	3	0.03	5	Algemeen: BLP aangegeven betekend aantal niet ontvouwen bladeren nog in het rhizoom geteld vanaf het halve hartblad. Bloemaanleg gestart gemiddeld stadium 3,6 lengte 0,05cm = 4100GDH in bloemaanleg. Spreiding is tussen 5000 en 3500 GDH in bloemaanleg
26-9-2022	ICSF	Fandango	Module		2	first truss	3.5	0.04	5	
26-9-2022	ICSF	Fandango	Module		3	first truss	3	0.03	5	
26-9-2022	ICSF	Fandango	Module		4	first truss	4.5	0.08	4	
26-9-2022	ICSF	Fandango	Module		5	first truss	4	0.06	4	
26-9-2022	ICSF	Inspire	Module		1	first truss	5.5	0.14	3	Bloemaanleg gestart gemiddeld stadium 5,1 lengte 0,34cm = 7900GDH in bloemaanleg. Spreiding is tussen 14500 en 3000 GDH in bloemaanleg. Is wel een vertekend beeld omwille plant 4 en 5 een hoge tros hadden, stadium tussen de [] = stadium van de natak die al zichtbaar was
26-9-2022	ICSF	Inspire	Module		2	first truss	3.5	0.05	5	
26-9-2022	ICSF	Inspire	Module		3	first truss	2.5	0.02	5	
26-9-2022	ICSF	Inspire	Module		4	first truss	6 [2.5]	0.50	2	
26-9-2022	ICSF	Inspire	Module		5	first truss	8 [3]	1.00	1	
26-9-2022	ICSF	Fandango	Mini-Tray		1	first truss	3.5	0.06	5	Bloemaanleg gestart gemiddeld stadium 3,6 lengte 0,06cm = 4100GDH in bloemaanleg. Spreiding is tussen 5900 en 3000 GDH in bloemaanleg. Plant 1 had een voorbloeitros van stage 9 >1cm en 1 plant nog niet duidelijk generatief
26-9-2022	ICSF	Fandango	Mini-Tray		2	first truss	5.5	0.14	3	
26-9-2022	ICSF	Fandango	Mini-Tray		3	first truss	3	0.03	5	
26-9-2022	ICSF	Fandango	Mini-Tray		4	first truss	1		5	
26-9-2022	ICSF	Fandango	Mini-Tray		5	first truss	2.5	0.02	5	
26-9-2022	ICSF	Inspire	Mini-Tray		1	first truss	3.5	0.05	5	Bloemaanleg gestart gemiddeld stadium 2,8 lengte 0,03cm = 3300GDH in bloemaanleg. Spreiding is tussen 4000 en 3000 GDH in bloemaanleg
26-9-2022	ICSF	Inspire	Mini-Tray		2	first truss	2.5	0.02	5	
26-9-2022	ICSF	Inspire	Mini-Tray		3	first truss	2.5	0.02	5	
26-9-2022	ICSF	Inspire	Mini-Tray		4	first truss	3	0.04	5	
26-9-2022	ICSF	Inspire	Mini-Tray		5	first truss	2.5	0.02	5	

Bijlage 2. Lichtspectrum en lichtverdeling



Figuur 32. Spectrale verdeling lampen in beide afdelingen. De relatieve verdeling staat in percentages weergegeven.

afdeling6 betonpad														
rij														
bak	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	196	216	218	222	217	214	197	203	209	210	215	214	195	192
2	204	216	221	227	225	220	221	222	216	218	219	220	206	203
3	208	216	221	228	226	225	223	223	216	217	221	221	207	207
4	207	217	220	223	225	224	223	222	220	217	221	222	209	206
5	206	219	219	225	226	220	220	221	218	219	220	222	206	203
6	206	218	220	220	220	218	206	212	217	220	217	222	206	204
7	213	220	225	226	227	218	220	221	214	221	226	224	210	204
8	208	218	224	222	224	219	218	217	210	221	222	222	210	202
9	202	213	213	213	218	213	207	209	212	215	217	220	206	196
10	189	197	210	205	205	200	196	200	196	207	209	206	191	186

Gemiddelde	214.1
SD	9.1
COV	0.04

Gem minus rand	218.6
SD	5.4
COV	0.02

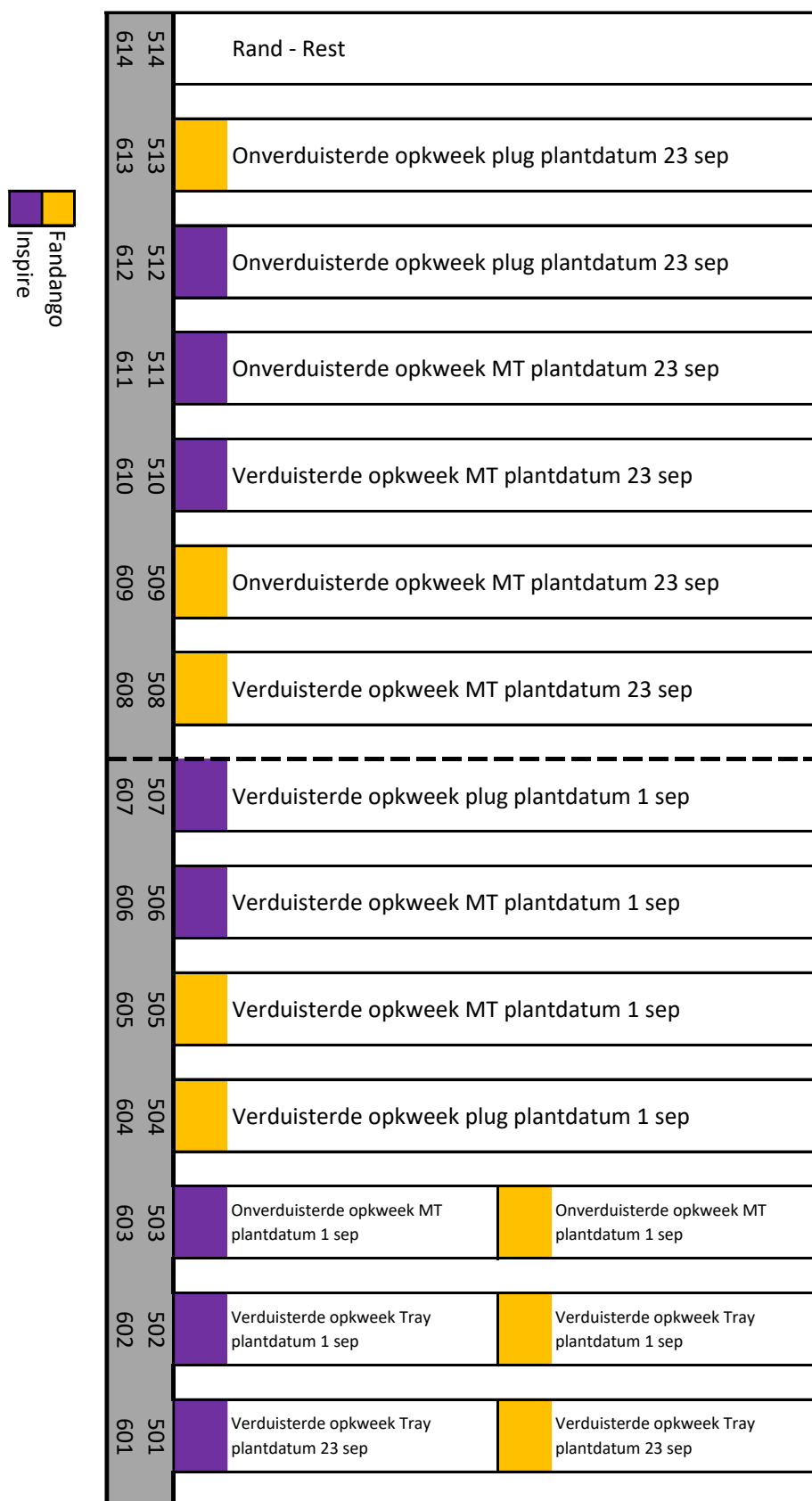
afdeling5 betonpad														
rij														
bak	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	191	206	211	211	209	204	203	204	203	202	210	209	200	196
2	192	213	213	217	211	212	214	201	207	206	200	211	203	198
3	196	212	213	216	214	210	204	206	213	209	211	213	206	200
4	196	212	214	215	215	213	220	214	214	209	214	215	206	200
5	202	216	217	217	218	218	222	219	219	211	217	218	206	206
6	202	217	220	222	215	221	220	219	216	213	221	222	209	207
7	207	221	221	222	215	211	212	211	217	214	222	224	214	211
8	202	218	211	215	211	206	205	204	208	211	211	222	211	206
9	193	212	213	206	202	200	200	192	200	206	214	217	210	200
10	181	196	204	192	190	189	187	188	190	196	204	205	196	185

Gemiddelde	208.6
SD	9.1
COV	0.04

Gem minus rand	212.7
SD	6.2
COV	0.03

Figuur 33. Lichtverdeling van de lampen in afdeling 6 (boven) en 5 (onder). Er is 35cm boven de bakken gemeten. De absoluut gemeten waarde is gebruikt om het dimsysteem te ijken.

Bijlage 3. Vloerplan



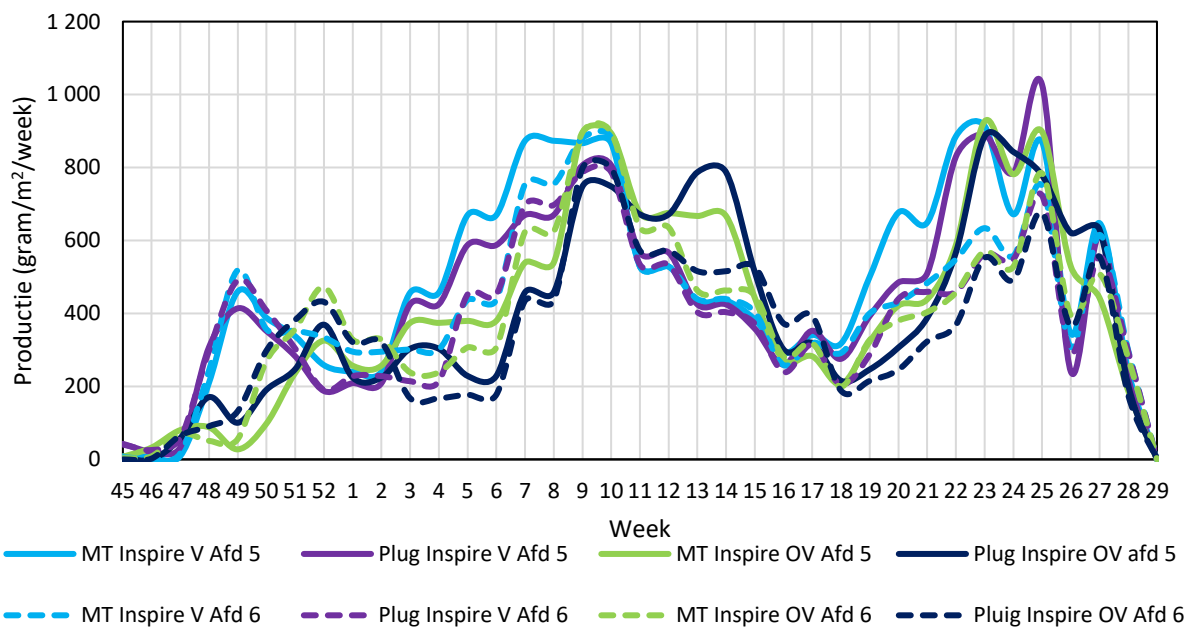
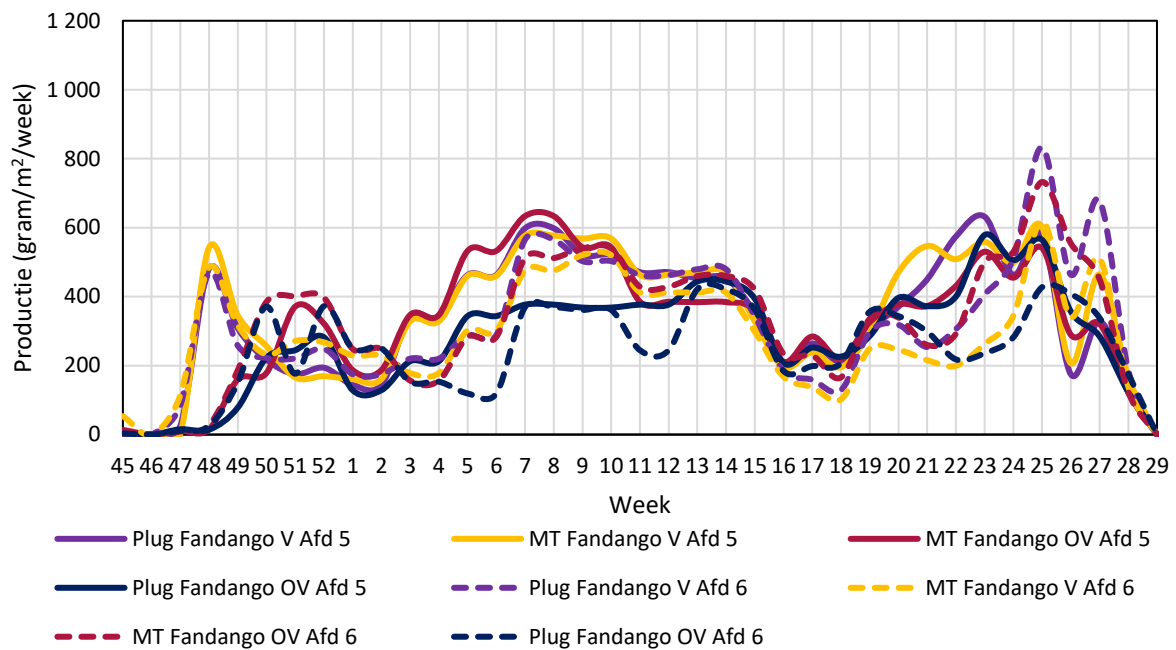
Figuur 34. Vloerplan in beide afdelingen. In de grijze balk staan de gootnummers

Bijlage 4. Overige resultaten

Productie

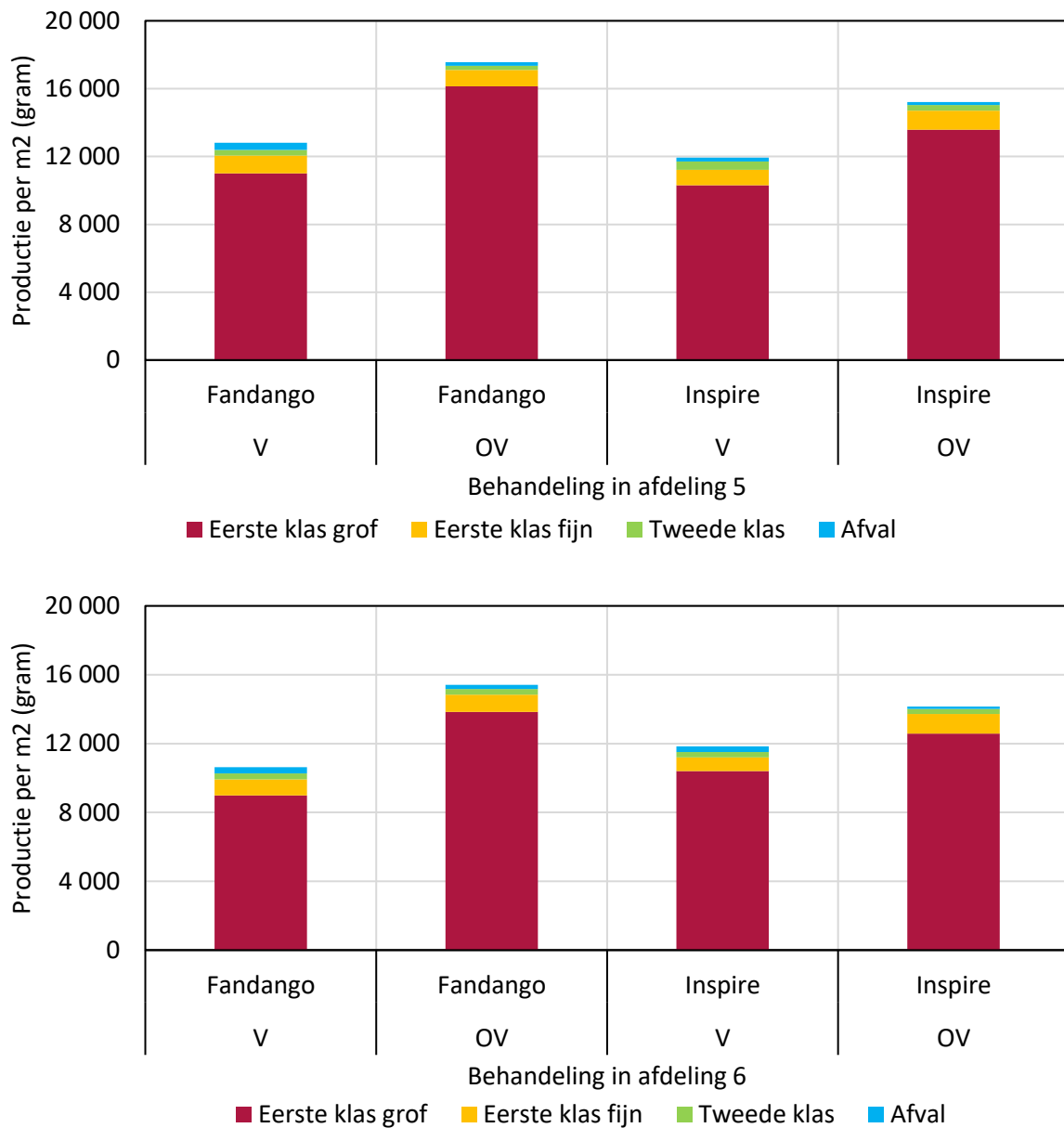
Tabel 12. Weergave van de totale productie in gram/m² per behandeling in afdeling 5 en 6 inclusief afval. Verduisterd (V) geeft de vroege planting aan en onverduisterd (OV) geeft de late planting aan.

Goot-nummer	(On)Verduisterd	Ras	Plant type	Afdeling 5	Afdeling 6
501/601	V	Inspire	Tray	14.820	14.046
501/601	V	Fandango	Tray	10.952	10.390
502/602	V	Inspire	Tray	15.485	14.933
502/602	V	Fandango	Tray	11.226	11.216
503/603	OV	Inspire	MT	12.685	10.013
503/603	OV	Fandango	MT	12.131	9.838
504/604	V	Fandango	Plug	12.437	11.959
505/605	V	Fandango	MT	12.816	10.633
506/606	V	Inspire	MT	17.556	15.405
507/607	V	Inspire	Plug	16.263	14.208
508/608	V	Fandango	MT	12.059	11.397
509/609	OV	Fandango	MT	11.937	11.841
510/610	V	Inspire	MT	15.385	14.327
511/611	OV	Inspire	MT	15.210	14.158
512/612	OV	Inspire	Plug	14.803	12.830
513/613	OV	Fandango	Plug	10.312	8.985



Figuur 35. Verloop van de weekproductie van Fandango (boven) en Inspire (onder) in afdeling 5 en 6 van de Verduisterde (V) en de onverduisterde (OV) planting voor zowel minitray (MT) als Plug. De patronen tussen plug en minitray verschillen beperkt.

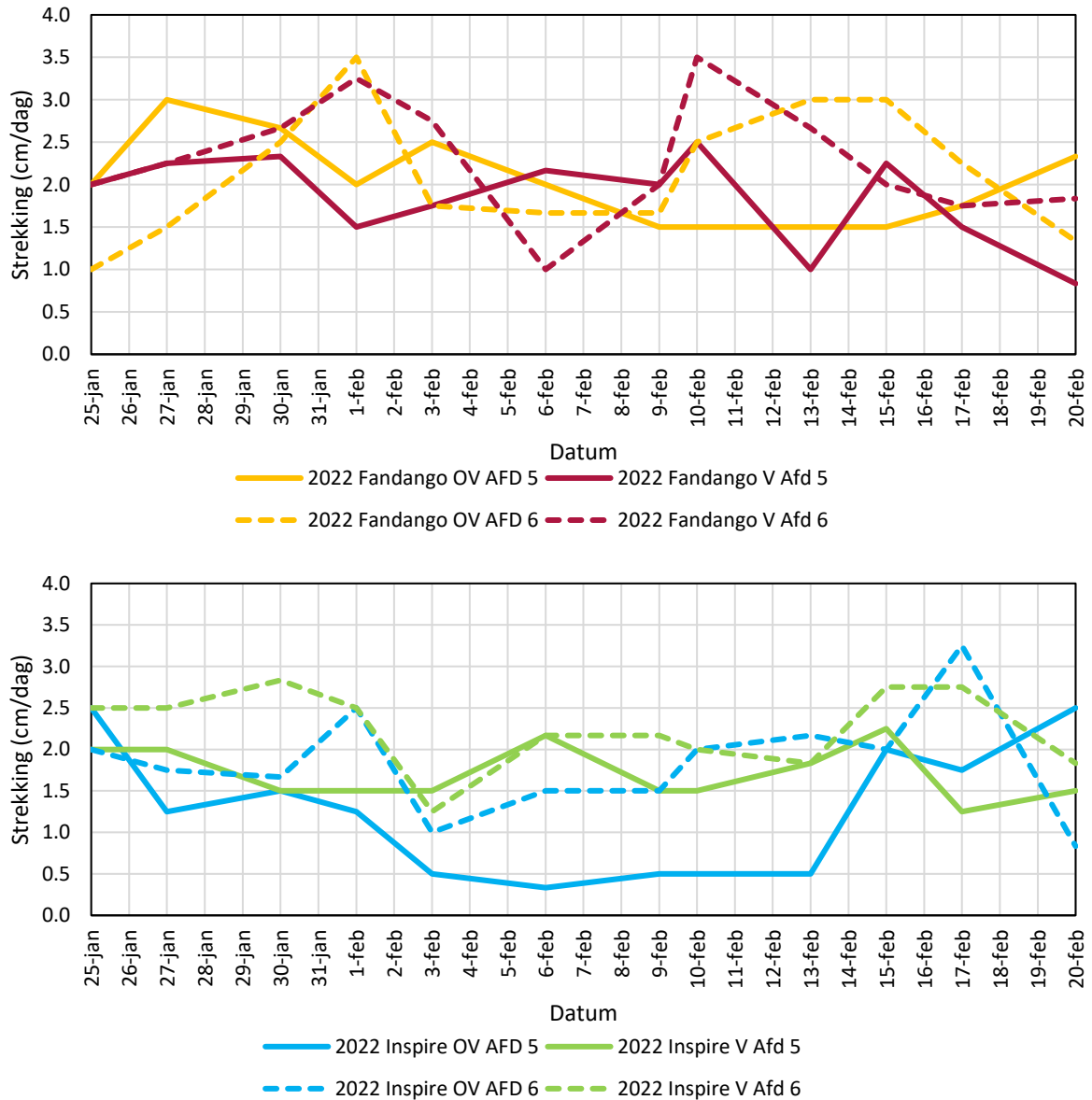
Sortering



Figuur 36. Absolute sortering van de vruchten over de gehele proefduur voor de vier hoofdbehandelingen per afdeling (Verduisterd (V) geeft de vroege planting aan en onverduisterd (OV) geeft de late planting aan). Hierbij was in beide afdelingen dezelfde trend te zien. De grootste verschillen zijn gemaakt in klasse 1 grof tussen beide afdelingen. In afdeling 5 lag de hoeveelheid afval in het algemeen hoger dan in afdeling 6. Dit kan mogelijk door *Mucor* verklaard worden dat een hogere besmetting liet zien in afdeling 5.

Strekking

De strekking is alleen gemeten in januari om effect van de cyclische belichting op strekking te kunnen beoordelen.



Figuur 37. Strecking van de plant (cm/dag) gemeten in de periode dat de vraag ontstond of de planten uit dormancy waren of nog niet. Bij de Inspire lag in de strekking van de verduisterde (V) planten veelal boven die van de onverduisterde (OV) planten. Bij de Fandango kon geen eenduidige conclusie worden getrokken.

Foto's eind oogst

Foto 3. Impressie gewas bij eind oogst in juli 2023 in afdeling 5 en 6. MT staat voor minitray. Verduisterd geeft de vroege planting aan en onverduisterd geeft de late planting aan.

Fandango MT verduisterd afdeling 5



Inspire MT verduisterd afdeling 5



Fandango MT onverduisterd afdeling 5



Inspire MT onverduisterd afdeling 5



Fandango MT verduisterd afdeling 6



Inspire MT verduisterd afdeling 6



Fandango MT onverduisterd afdeling 6



Inspire MT onverduisterd afdeling 6

