



Nieuw licht op houtig kleinfruit

LED-belichting in een winterteelt met braam en framboos 2018 - 2019

Jan Janse, Marta Streminska, Kees Weerheim, Kirsten Leiss, Trudy van Twist en
Huei Ming Huisman

Rapport WPR-1219

Referaat

Door Wageningen University en Research Business Unit Glastuinbouw is in een belichte winterteelt met bramen en frambozen nagegaan wat de invloed was van LED-lichtspectrum, diffusiteit van het kasdek en ras op o.a. fotosynthese, productie, kwaliteit, drogestofverdeling, weerbaarheid en microbiom in de wortelzone. Naast het standaard lichtspectrum, waren er spectra met extra blauw en verrood licht. Diffuus glas gaf bij braam 30% meer productie dan helder glas, maar bij framboos was dit effect van de glassoort juist omgekeerd. De invloeden van het ras waren meestal veel groter dan van de lichtspectra. Blauw licht verhoogde de weerbaarheid tegen rupsen. Braam had een hogere fotosynthese dan framboos, maar lager dan tomaat en aardbei. De lichtbenuttingsefficiëntie van braam was meer dan 2.5 keer zo hoog dan bij framboos.

Abstract

Wageningen University and Research Business Unit Greenhouse Horticulture investigated the influence of LED light spectrum, diffuse glass and cultivar on photosynthesis, production, quality, dry matter distribution, resistance and microbiome in the root zone in a winter cultivation with blackberries and raspberries. In addition to the standard light spectrum, there were spectra with extra blue and far-red light. Diffuse glass gave 30% more production with blackberry than clear glass, but with raspberry this effect of the type of glass was the opposite. The influences of cultivar were usually much greater than these of light spectra. Blue light increased resistance to caterpillars. Blackberry had a higher photosynthesis than raspberry, but lower than tomato and strawberry. The light utilization efficiency of blackberry was more than 2.5 times higher than that of raspberry.

Rapportgegevens

Rapport WPR-1219

Projectnummer: 3742259000

DOI: <https://doi.org/10.18174/631355>

Thema: Kwaliteit en productie

Disclaimer

© 2023 Wageningen, Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Business unit Glastuinbouw, Postbus 20, 2665 MV Bleiswijk T 0317 48 56 06, www.wur.nl/plant-research.

Kamer van Koophandel nr.: 09098104

BTW nr.: NL 8113.83.696.B07

Stichting Wageningen Research. Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Stichting Wageningen Research.

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

Adresgegevens

Wageningen University & Research, BU Glastuinbouw

Postbus 20, 2665 ZG Bleiswijk

Violierenweg 1, 2665 MV Bleiswijk

T +31 (0)317 48 56 06

F +31 (0)10 - 522 51 93

glastuinbouw@wur.nl

wur.nl/glastuinbouw

Inhoud

Samenvatting	5
1 Inleiding	7
2 Materiaal en methoden	8
2.1 Behandelingen	8
2.2 Overige teeltaspecten	9
2.3 Metingen en waarnemingen	11
2.3.1 Klimaat en voeding	11
2.3.2 Gewas	11
2.3.3 Productie en kwaliteit	11
2.3.4 Licht, fotosynthese en chlorofylfluorescentie	12
2.3.5 Plantweerbaarheid	12
2.3.6 Microbioom in wortelmilieu	12
3 Resultaten en discussie	13
3.1 Klimaat	13
3.2 Ziekten, plagen en bestuiving	15
3.3 Gewasstand en bladkleur	16
3.3.1 Braam	16
3.3.2 Framboos	16
3.4 Water en voeding	18
3.5 Productie	19
3.5.1 Glassoort en ras	19
3.5.2 Lichtspectrum en ras	20
3.6 Kwaliteit	21
3.6.1 Refractie en zuurgehalte	21
3.6.2 Drogestofgehalte vrucht	23
3.6.3 Houdbaarheid	24
3.7 Bladkleur framboos	26
3.8 Fotosynthese	29
3.8.1 Fotosynthese braam	29
3.8.2 Fotosynthese framboos	31
3.9 Destructieve metingen einde teelt	32
3.10 Lichtbenuttingsefficiëntie	35
3.11 Weerbaarheid	36
3.12 Microbioom in het wortelmilieu	37
3.12.1 Aantallen bacteriën en schimmels in de wortelzone	37
3.12.2 Diversiteit van bacteriën in de wortelzone	38
3.12.3 Diversiteit van schimmels in de wortelzone	46
3.12.4 Discussie en conclusies v.w.b. het microbioom in het wortelmilieu	52
4 Conclusies	53
Literatuur	54

Samenvatting

Door Wageningen University en Research Business Unit Glastuinbouw is in 2018-2019 in een belichte winterteelt met bramen en frambozen nagegaan wat de invloed was van het lightspectrum op o.a. fotosynthese, productie, kwaliteit, drogestofverdeling, weerbaarheid en microbiom in de wortelzone. Er waren 3 lightspectra, namelijk een referentie (REF) met rood/blauw licht, met extra blauw licht (B) en met verrood (FR). De lichtintensiteit van de LED top- en tussenlicht was in totaal $150 \mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$ bij een belichtingsduur van maximaal 18 uur per dag. Het onderzoek werd uitgevoerd in 2 kassen met helder en 2 kassen met diffuus glas. Daarnaast waren er 2 rassen per houtig zachtfruitsoort: bij braam was dit Loch Ness en Chester (canes) en bij framboos Kwanza en Shani (primocanes). Er werd grotendeels geteeld volgens de principes van Het Nieuwe Telen.

De gemiddeld gerealiseerde etmaaltemperatuur in de kassen met bramen en framboos was resp. 17.3 en 16.3°C. De gerealiseerde RV was bij framboos 6 à 7% hoger dan bij braam. De CO_2 -concentratie in de verschillende kassen kwam uit op ca. 800 ppm. Er is vrij veel belicht om beter een mogelijk effect van het lightspectrum aan te kunnen tonen: in totaal ca. 2400 uur.

Vooraf van het framboosras Kwanza vertoonden de primocanes een vervroegde vergeling (dormantie), waarvan de oorzaak niet goed kon worden opgehelderd, maar heeft ongetwijfeld een negatieve invloed gehad op het productieniveau. Het bramenras Loch Ness produceerde onder helder en diffuus glas resp. 6 en 7.8 kg/m², dat is een verschil van 30%. Maar bij framboos was de productie onder diffuus glas fors lager t.o.v. helder glas, wat deels te wijten was aan zettingsproblemen. In de wintermaanden verliep de bestuiving door zowel hommels als bijen in framboos namelijk moeizaam. Zowel bij braam als framboos was de onderlinge plantvariatie groot. Mogelijk mede hierdoor bleef het effect van de lightspectra op o.a. de productie wat onduidelijk. Het ras Kwanza was gevoelig voor gespleten en korrelige vruchten. Shani gaf de hoogste productie, maar dit leek ten koste te gaan van de kwaliteit (smaak, houdbaarheid en drogestofgehalte van de vruchten). Loch Ness had een lagere refractie dan Chester, maar een hoger zuurgehalte. Vruchten van Loch Ness bleken in bewaarproeven 4x zo gevoelig voor rode bolletjes te zijn dan die van Chester.

De netto-fotosynthese werd bij beide gewassen, zeker in combinatie met een hogere CO_2 -concentratie, sterk positief beïnvloed door de lichtintensiteit. De fotosynthese bij braam was ca. de helft van die bij tomaat en, afhankelijk van de lichtebeveelheid, 30 tot 90% lager dan bij aardbei. Bij framboos was deze vaak nog lager dan bij braam.

De procentuele verdeling van de drogestof over de canes, lateralen, bladeren en vruchten was bij braam (Loch Ness, canes) resp. ca. 3, 18, 25 en 54%. Bij framboos (Kwanza, primocanes) was dit resp. 22, 14, 35 en 30%. Bij framboos gingen er dus (relatief gezien) weinig assimilaten naar de vruchten en veel naar de gewasgroei. Met een LAI van 7.5 m²/m² aan het einde van de proef was deze bij braam (Loch Ness) erg hoog. Bij framboos was dit 3.0 m²/m².

De berekende lichtbenuttingsefficiëntie (LBE) kwam bij braam en framboos gemiddeld uit op resp. 3.2 en 1.2 g vers vruchtgewicht per mol PAR licht. Framboos ging dus veel minder efficiënt met het licht om dan braam. Zowel bij braam als framboos leek de LBE onder helder glas met verrood lager dan bij het standardspectrum of met extra blauw licht. Onder diffuus glas was dit echter niet het geval.

Blauw licht verhoogde de weerbaarheid tegen rupsen, waarschijnlijk als gevolg van een hoger totaal fenolgehalte in de bladeren. Botrytis trad in een bladtoets het minst op bij het referentiespectrum.

In substraatmonsters van braam en framboos kwam de *Proteobacterium* fyllum (stam) veel voor. Daarnaast zijn ook relatief veel fyla van *Actinobacteriën* en *Acidobacteriën* aangetoond. Over het algemeen is er weinig effect van het lightspectrum op de samenstelling van het microbiom gevonden. Tussen braam en framboos waren er verschillen in microbiom, maar ook tussen rassen van dezelfde zacht fruitsoort. Dit kan tot gevoeligheidsverschillen voor ondergrondse ziekten leiden.

1 Inleiding

De laatste jaren wordt er steeds meer zachtfruit (aardbeien, frambozen en bramen) onder glas geteeld. Het totale areaal van de houtige zachtfruitsoorten framboos en braam onder glas was in 2020 volgens het CBS resp. 29 en 25 ha. Consumenten zien zachtfruit steeds meer als superfood, dus erg gezond. Omdat het importproduct kwalitatief nogal eens tegenvalt, is er evenals bij vruchtgroenten vanuit de afzet vraag naar jaarrond levering van een kwalitatief goed Nederlands product. Om ook in de wintermaanden vruchten met een goede smaak te kunnen leveren, is echter groeilicht noodzakelijk. Bij hoog opgaande gewassen zoals bramen en frambozen, lijkt toepassing van energiezuinige LED-tussenbelichting en diffuus glas daarbij aantrekkelijk, maar deze toepassingen stond bij deze gewassen enkele jaren geleden nog in de kinderschoenen. Bij zowel diffuus glas als tussenbelichting komt het licht dieper in het gewas, wat positief kan zijn voor de productie en kwaliteit van bramen en frambozen.

Er zijn bij houtig kleinfruitgewassen nog veel vragen t.a.v. de lichtbenuttingsefficiëntie, optimale belichtingsduur en klimaat, beste lichtkleuren voor gewas en vruchten, het al dan niet diffuus zijn van het glas, invloeden op weerbaarheid van ziekten en plagen, e.d.. Om hier meer licht op te werpen is het noodzakelijk om meer te weten te komen over meer fundamentele processen in deze gewassen, zoals de fotosynthesecapaciteit onder verschillende omstandigheden en de assimilatenverdeling naar vruchten en vegetatieve delen (stengels en bladeren). Zo zouden het lichtspectrum en diffuus glas de fractie van assimilaten welke naar de vruchten gaat, kunnen vergroten. Ook het ras speelt hierbij hoogstwaarschijnlijk een rol. Daarom is er in 2018-2019 het project 'Nieuw licht op houtig kleinfruit' uitgevoerd. Hierbij waren er de volgende doelen:

Technische doelstellingen

- Het uitvoeren van een 'proof of principle' onderzoek en daarbij een aantal onderzoeksuitkomsten die bij andere gewassen zijn gevonden, te toetsen bij houtig kleinfruit onder glas.
- Kennis genereren over de fotosynthese in verschillende periodes van het jaar bij houtig kleinfruit onder omstandigheden met zonlicht en tussenbelichting met verschillende lichtkleuren onder diffuus en helder glas.
- Kennis verzamelen over de fotosynthese bij verschillende licht- en CO₂-niveaus.
- Invloed nagaan van verschillende lichtkleuren, rassen en mate van diffusiteit van het glas op de biomassaverdeling binnen de plant.
- Nagaan van invloed van lichtkleuren en diffusiteit van het glas op productie en vruchtkwaliteit.

Energiedoelstellingen

- Het onderzoek is vooral faciliterend omdat de metingen veel kennis zullen opleveren over hoe de fotosynthese bij enkele rassen van bramen en frambozen verloopt. Met deze kennis kunnen aan telers adviezen worden gegeven over geschikte tijdstippen van belichting en CO₂-gebruik, de meest efficiënte lichtintensiteit van het groeilicht, een geschikte lichtkleur van de tussenbelichting en in welke situatie er bij de plant verzadiging optreedt voor licht en CO₂.
- De verzamelde kennis over de fotosynthese moet uiteindelijk leiden tot een minimale besparing van 40% op het elektriciteitsverbruik in vergelijking met een huidige belichtingswijze met SON-T bij eenzelfde lichtintensiteit.
- Bij de betreffende gewassen wordt vooral in de vruchtgroeiperiode relatief veel geventileerd, waardoor er veel van de gedoseerde CO₂ uit de kas verdwijnt. Gestreefd wordt naar minimaal 10% reductie van het CO₂-verbruik door minder warmteproductie van de lampen, beperkter te luchten en bij veel licht hogere dagtemperaturen aan te houden.
- Mede in overleg met de BCO zal er zoveel mogelijk geteeld worden volgens de basisprincipes van Het Nieuwe Telen.
- Zowel telers van houtig kleinfruit die momenteel belichten of (nog) niet belichten, behoren tot de doelgroep.

Nevendoelstellingen

- Nagaan of behandelingen invloed hebben op het spontaan optreden van ziekten en plagen. Het is bekend dat het spectrum van LED-belichting de plantafweer tegen ziekten en plagen kan beïnvloeden.

2 Materiaal en methoden

In een uitgebreide proef is onderzocht wat het effecten zijn van diffuus glas in vergelijking met helder glas, 3 lichtspectra, 2 houtig kleinfruitgewassen (braam en framboos) en 2 rassen per gewas. Het onderzoek is uitgevoerd in 4 kassen bij Wageningen UR Business Unit Glastuinbouw & Bloembollen in Bleiswijk. De frambozen en bramen stonden in aparte kassen.

Het onderzoek werd begeleid door een BCO bestaande uit vertegenwoordigers van The Greenery, De Westerbouwing, Signify en enkele telers.

2.1 Behandelingen

Helder en diffuus glas

Twee kassen hadden in het dek diffuus glas met AR-coating en een haze van 73% bij een hemisferische transmissie van 83%. Behalve aan de noordkant bestonden de zijgevels ook uit diffuus glas. Dit werd vergeleken met 2 kassen gedekt met helder glas met 0% haze en een hemisferische transmissie van eveneens 83%.

Lichtspectra

De belichting bestond uit 50% LED-topbelichting en 50% LED-tussenbelichting (Signify). Er waren 3 behandelingen met een verschillend lichtspectrum, namelijk de referentie (REF), met extra blauw (B) en met verrood (FR). Voor verrood is gekozen i.v.m. eerder gevonden effecten op de biomassaverdeling bij tomaat. Van blauw licht waren hierop ook effecten te verwachten, mogelijk tevens op de fotosynthese, vruchtkwaliteit (vitamine C, fenolen en suikers/smaak) en plantweerbaarheid (Janse, 2016).

De procentuele verdeling over de verschillende lichtkleuren bij de combinatie top- en tussenlicht bij de 3 behandelingen is weergegeven in Tabel 1.

Tabel 1 Procentuele verdeling van de lichtkleuren per behandeling.

Behandeling	% rood	% blauw	% groen	% verrood
Referentie (REF)	91%	7%	2.5%	0%
Met extra blauw (B)	76%	21%	2.4%	0%
Met verrood (FR)	78%	6%	2.5%	13%

De 3 lichtspectra-behandelingen hadden een totale flux van resp. 150, 154 en 150 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$, dus deze was bij alle behandelingen praktisch gelijk. De hoeveelheid PAR-licht was echter met resp. 150, 154 en 130 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$ wel verschillend. Bij de FR-behandeling was er dus bijna 15% minder PAR-licht afkomstig van de LEDs, omdat verrood niet tot het PAR-licht wordt gerekend.

In de kas waren er 7 rijen met planten, waarvan 2 rijen langs de gevel stonden als bufferrij. De overige rijen werden om en om aan weerskanten beschenen door de LED-armaturen, die in het midden van de paden hingen. Tussenin de meetrijen was er dus telkens een bufferrij waar geen waarnemingen werden verricht. In de middelste rij (rij 4) kwam steeds de behandeling met extra blauw licht. Omdat verrood ver de kas in kan schijnen, is de FR-behandeling in elke kas zoveel mogelijk neergelegd tegenaan de buitenste gevel die het meest verwijderd was van de andere proefkas. Uit lichtmetingen bleek dat de hoeveelheid verrood licht in REF en B minder dan 1 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$ te zijn.



Figuur 1 Proefopstelling van de behandelingen in de diffuus glazen kas met framboos. In de middelste rij lag steeds de behandeling met extra blauw licht, aan weerszijden 2 bufferrijen en daarnaast werd één van de andere behandelingen toegepast.

Houtig zachtfruit typen en rassen

Bij zowel bramen als frambozen zijn er 2 rassen beproefd. Bij bramen waren dit de rassen Loch Ness (SCRI/James Hutton Institute) en Chester (Southern Illinois University), bij framboos Kwanza en Shani (beide van AB-Breeding). Om eventuele verschillen in klimaat en voeding te kunnen realiseren, zijn de frambozen en bramen in aparte kassen gezet.

2.2 Overige teeltaspecten

Kassen	Afdelingen 801 en 802 (helder glas) en 607 en 608 (diffuus glas) bij Wageningen UR Glastuinbouw en Bloembollen, locatie Bleiswijk
Kasoppervlakte	Per afdeling 144 m ²
Plantmateriaal	- Braam: long canes, 4.5 à 5 canes/pot. I.v.m. een tekort aan plantmateriaal zijn in de gevelrijen planten geplaatst uit een andere WUR-proef, waarbij de lateralen (zijscheuten) waren teruggeknipt. - Framboos: primocanes, gestekt op 10 juni 2018, opgepot met 2 planten/pot op 27 juli, getopt begin augustus op 2 scheuten
Verdeling canes op de rij	Canes bij braam zijn netjes verdeeld langs de draad
Extra long canes framboos	Ter oriëntatie zijn in de frambozenkas 10 Kwanza-planten (long canes) in de randrij gezet (plantdatum 27 september 2018)
Potinhoud	7 liter
Substraat	Kokos
Planten in proefkas	13 september 2018
Proefveldgrootte	Framboos en braam resp. 7.7 en 6.6 m ²
Aantal herhalingen	Per kas en ras in enkelvoud
Verwarming	Buisrailnet (net 1) en groeibuis (net 2)
Datum start belichting	21 september 2018
Start- en stoptijd belichting	18.5 uur voor zononder tot maximaal een half uur voor zononder
Bestuiving	Met hommels en bijen
Klimaatinstellingen	In samenspraak met BCO, zoveel mogelijk volgens de principes van Het Nieuwe Telen
Schermen	Verduisteringsscherm en energiescherm Luxous (XLS 10).
Einde proef	Framboos en braam resp. 14 februari en 1 maart 2019



Figuur 2 De frambozenplanten werden begin augustus getopt tot op 2 scheuten, waardoor er 4 stengels/canes per pot ontstonden (foto genomen op 22 augustus 2018).



Figuur 3 In de randrij langs de gevel van de diffuus glazen kas stonden ter oriëntatie 10 lang bewaarde canes van framboos. Foto genomen op 1 oktober 2018.

2.3 Metingen en waarnemingen

2.3.1 Klimaat en voeding

De temperatuur en luchtvochtigheid werden gemeten met een klimaatmeetbox. Deze hing in het bovenste gedeelte van de plant op een hoogte van ca. 2 m boven het maaiveld. CO₂ werd gemeten op een hoogte van ca. 1.30 m. De PAR-straling werd gemeten met een punt-sensor en werd daarnaast berekend middels de belichtingstijd*lichtintensiteit van de LED lampen en de straling van de zon*lichttransmissie van de kas. Voor de klimaatgegevens werd gebruik gemaakt van 'Let's Grow'. Met behulp van een infraroodmeter zijn in december vruchttemperatuurmetingen uitgevoerd.

Om de twee weken is er een voedingsanalyse op de gift en drain uitgevoerd. Daarnaast werden de EC en pH ook tussentijds handmatig gemeten.

2.3.2 Gewas

Aan het gewas zijn de volgende gewasmetingen uitgevoerd:

- Voor het begin van het onderzoek werd het vers- en drooggewicht gemeten bij het bramenras Loch Ness van 3 planten met 6 canes; bij framboos van 3 planten met 4 scheuten per ras. Bij framboos is toen ook de LAI bepaald.
- Het gehalte aan chlorofyl, flavonolen en anthocyaan is bij framboos op 2 tijdstippen bij gemeten, namelijk op 29 oktober en 18 november 2018. De metingen werden gedaan met een SPAD-meter (Dualex) op 10 verschillende bladeren per veld. Daarbij werd het blad op vier verschillende plaatsen gemeten. De metingen werden uitgevoerd bij groenere/jonge bladeren en oude/gelere bladeren.
- Aan het einde van de teelt werden bij de framboos en braam van resp. 8 en 5 planten het aantal canes en lateralen per plant geteld. Het vers- en drooggewicht van de canes, lateralen en bladeren is gemeten bij braam en framboos van resp. 2 en 4 planten per behandeling. Ook werd het bladoppervlak gemeten met een bladoppervlaktemeter. Deze metingen vonden plaats om de biomassaverdeling te kunnen bepalen.
- De mate van bladvergelting bij framboos is op 24 oktober beoordeeld volgens een schaal van 0-5, waarbij een hoger cijfer meer vergelting betekende.
- In oktober is bij beide framboosrassen onder zowel helder als diffuus glas een plantsapanalyse uitgevoerd bij groen/jong blad en ouder/gelig blad i.v.m. de vroegtijdige geelverkleuring van het oudere blad. Parallel hieraan is ook een voedingselementenanalyse op basis van de drogestof uitgevoerd. Deze laatste bepaling is 2 weken later herhaald bij het ras Kwanza.

2.3.3 Productie en kwaliteit

De bramen en frambozen zijn 2 keer per week geoogst waarbij:

- Het versgewicht + aantal klasse 1-vruchten en het versgewicht + aantal klasse 2-vruchten werden geregistreerd.
- Het drogestofgehalte van de vruchten werd bepaald door de vruchten 48 uur in een droogoven te plaatsen. De metingen vonden bij zowel framboos als braam plaats medio december en medio januari.
- De refractie (°Brix, gemeten met een digitale refractometer) bij framboos is tussen half november 2018 en begin februari 5 maal gemeten en het titreerbaar zuurgehalte (mmol H₃O⁺/100 g) 3 maal. Bij de braam zijn tussen half december 2018 en begin februari 2019 zowel de refractie als het zuurgehalte 4 maal gemeten.
- Van zowel bramen als frambozen is op 4 verschillende data, namelijk 11 en 28 december 2018 en 14 en 28 januari, de houdbaarheid bij een bewaartemperatuur van 4 °C bepaald. Per inzetdatum werden er daarbij per veld ongeveer 25 vruchten bewaard. Na ca. 5/6 en 10 dagen werd een cijfer van 1-10 gegeven voor vruchtstevigheid, algemeen oordeel, kleur (framboos) en werd het percentage lekkende vruchten, percentage rotte vruchten en het percentage vruchten met rode bolletjes (braam) bepaald.

2.3.4 Licht, fotosynthese en chlorofylfluorescentie

De PAR-lichthoeveelheid in de kassen afkomstig van de LEDs en de zon werden berekend, omdat het licht van de tussenbelichting niet goed te meten was. Op basis van de berekeningen van het PAR-licht is bij de verschillende behandelingen de lichtbenuttingsefficiëntie (g vers gewicht/mol PAR) berekend.

Om fotosynthesewaardes te bepalen, zijn gasuitwisselingsmetingen met behulp van een Li-6800 portable photosynthesis system (LI-6800, Li-Cor Inc., Lincoln, NE, USA) in de periode november 2018 t/m februari 2019 uitgevoerd.

2.3.5 Plantweerbaarheid

Via bioassays is het effect van het lichtspectrum op de plantweerbaarheid tegen *Botrytis cinerea* (*Botrytis*) en rupsen van *Chrysodeixis chalcites* (Turkse mot) onderzocht. Het aantal toetsen bij botrytis en rups was resp. 4 en 2 toetsen. Per lichtbehandeling werden hiervoor steeds 10 bladeren genomen. De toetsen op botrytis vonden plaats in petrischalen met op de bodem agar en de toetsen met Turkse mot werden uitgevoerd in plastic bakjes met oasis. Het weerbaarheidsonderzoek is gedaan door stagiair Isabel Lugtenburg onder begeleiding van Kirsten Leiss.

2.3.6 Microbioom in wortelmilieu

Voor het bepalen van de microbiële diversiteit in de wortelzone, zijn tijdens de proef van beide bramen- en frambozenrassen bij de 3 lichtspectra behandelingen monsters genomen. Het organische (kokos)substraat tussen de plantenwortels is drie keer bemonsterd, namelijk in oktober 2018, januari en maart 2019. Per ras/lichtbehandeling zijn er mengmonsters gemaakt van substraatmonsters afkomstig van verschillende planten. In totaal zijn er 36 mengmonsters genomen (12 mengmonsters per bemonsteringsdatum) (Tabel 1).

Uit de monsters is vervolgens DNA geïsoleerd m.b.v. PowerSoil DNA isolation kit (Qiagen) volgens het protocol van de producent. Het DNA is met twee technieken geanalyseerd:

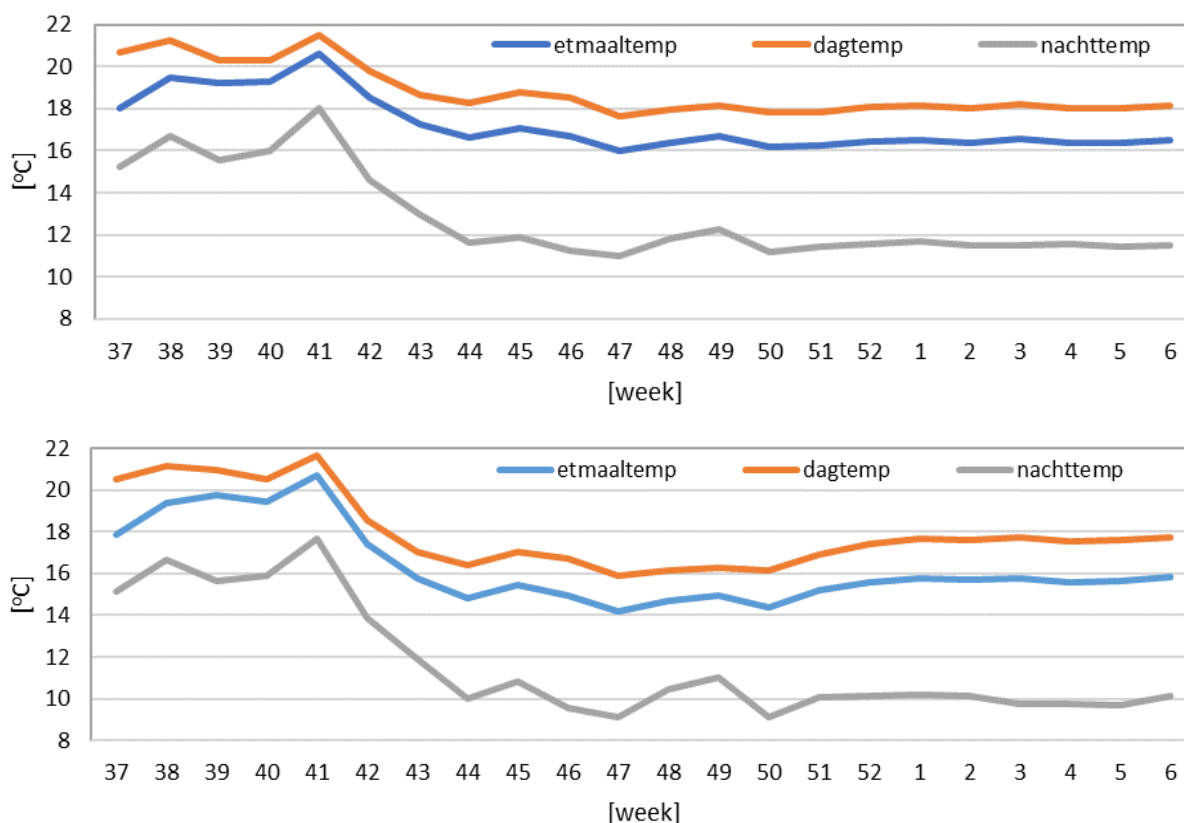
1. qPCR (is kwantitatief: indicatie van hoeveelheden totale bacteriën, op basis van 16S rDNA gen en schimmels op basis van ITS gen). Bepalingen in alle monsters.
2. Next Generation Sequencing (Illumina Sequencing, is kwalitatief: geeft inzicht in taxonomische diversiteit van bacteriën en schimmels; monsters van bemonsteringen in januari en maart 2019). De Next Generation Sequencing is uitgevoerd door BaseClear B.V.

qPCR analyse is uitgevoerd met specifieke primer sets (Eub338F/Eub518R voor bacteriën en ITS1f/5.8s voor schimmels). Resultaten worden uitgedrukt als aantal genkopieën/g substraat. IJklijnen voor qPCR met bekende hoeveelheden van kopieën van onderzochte genen zijn gemaakt op basis van DNA van *Bacillus* en *Fusarium*, respectievelijk voor bacteriële en schimmel qPCR.

3 Resultaten en discussie

3.1 Klimaat

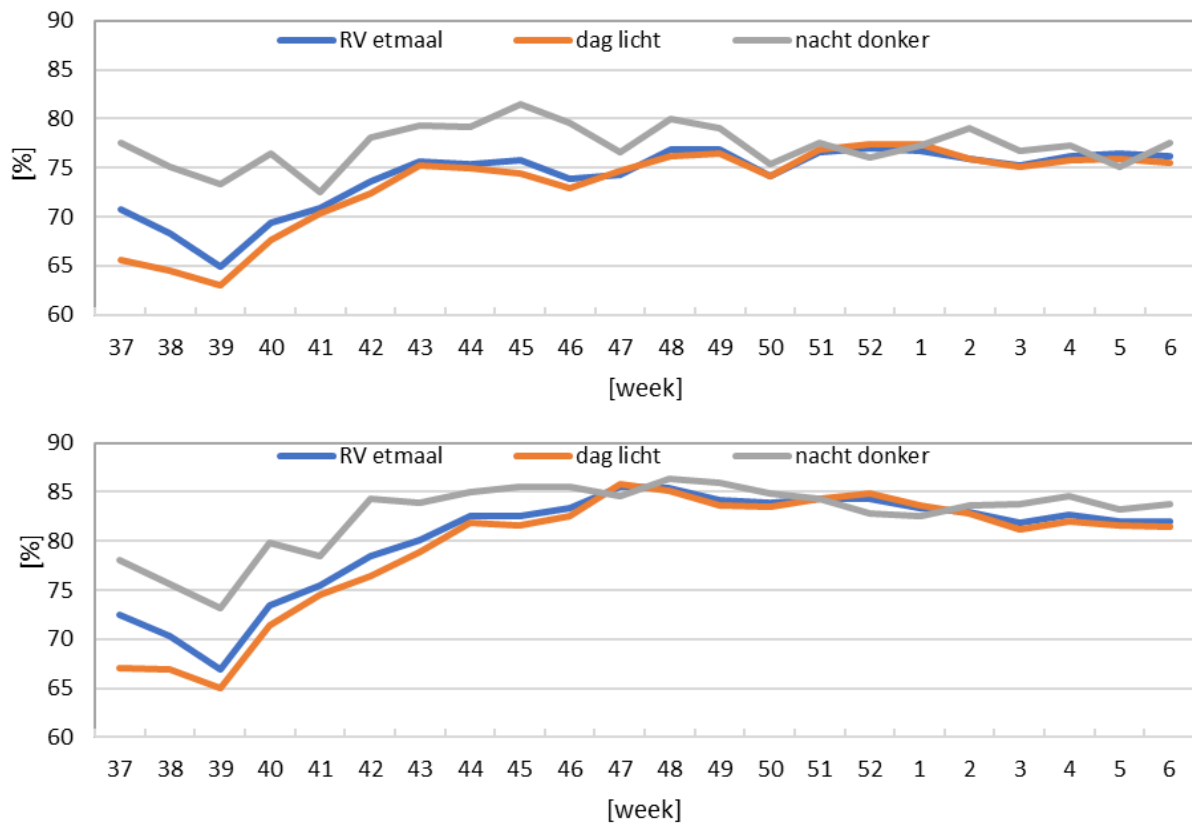
De ingestelde nacht- en dagtemperatuur varieerde wat in het seizoen, afhankelijk van het stadium en de buitenomstandigheden. In het algemeen werd bij braam en framboos een temperatuur ingesteld tijdens de nacht/dag van resp. 10/18 en 8/16°C. Vanaf de 2^e helft van december is de dagtemperatuur bij framboos verhoogd naar 18°C vanwege een hoge RV en zettingsproblemen bij dit gewas. Het wekelijkse verloop van de temperatuur bij braam en framboos in de kassen gedekt met helder glas is weergegeven in Figuur 4.



Figuur 4 De gerealiseerde nacht-, dag- en etmaaltemperatuur per week in de helder glazen kas met resp. braam (boven) en framboos (onder).

De gemiddeld gerealiseerde etmaaltemperatuur bij braam en framboos kwam uit op resp. 17.3 en 16.3°C. Tussen helder en diffuus glas was er gemiddeld geen of een te verwaarlozen verschil in gemiddelde etmaaltemperatuur.

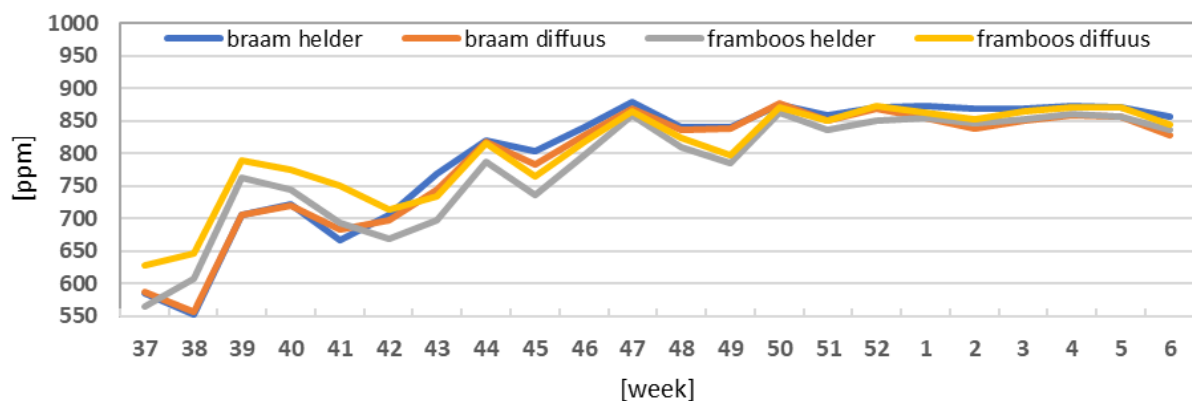
In Figuur 5 staat het verloop van de RV weergegeven onder diffuus glas.



Figuur 5 De gerealiseerde RV tijdens de nacht, dag en etmaal per week in de diffuus glazen kas met resp. braam (boven) en framboos (onder).

De gemiddelde RV per etmaal kwam bij de braam onder helder en diffuus glas uit op resp. 75 en 74% en bij framboos op 81 en 81%, dus nauwelijks verschil. Het gemiddelde vochtdeficiet bij braam en framboos was respectievelijk 3.3 en 4.4 g/m³. De gemiddelde RV was in de kassen met frambozen dus 6 à 7% hoger dan in de kas met braamen. Dit is mogelijk het gevolg geweest van meer verdamping van het frambozengewas door het minder openen van de huidmondjes, maar zal ook komen door de lagere stooktemperatuur. Bij braam is niet direct op vocht gestuurd.

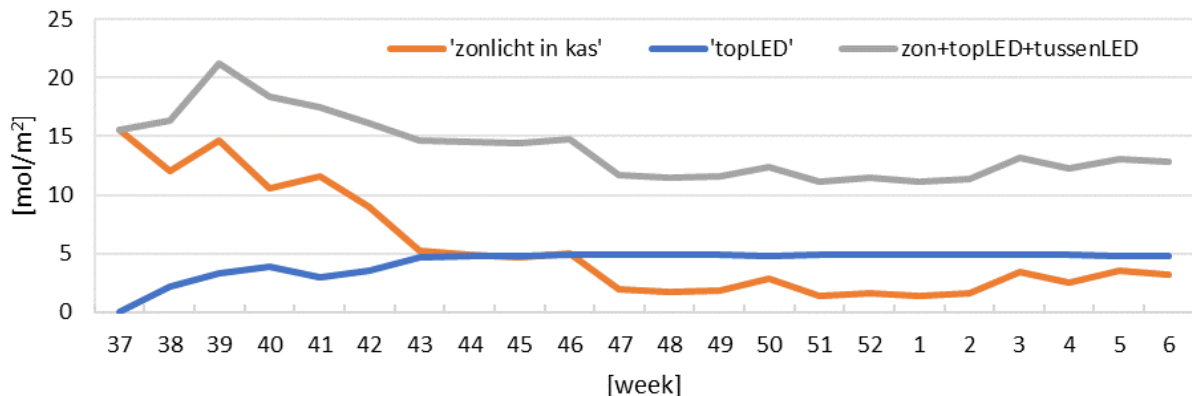
Het verloop van CO₂-concentratie in de kaslucht is weergegeven in Figuur 6.



Figuur 6 De gerealiseerde CO₂-concentratie in de kaslucht op de dag (= met licht) bij braam en framboos onder helder en diffuus glas.

Bij de start zijn er wat verschillen tussen beide gewassen ontstaan door een lagere ingestelde waarde bij braam. Het plantmateriaal bij braam bestond immers uit canes zonder blad en bij framboos was er al veel blad aanwezig was. Vanaf ongeveer week 50 kwam de CO₂-concentratie uit op ca. 850 ppm. Gemiddeld over de hele periode werd een CO₂-concentratie van rond de 800 ppm gerealiseerd.

De belichtingsduur bedroeg maximaal 18 uur. Met de LED-belichting is 1 week na het planten begonnen om zo snel mogelijk eventuele effecten van de lichtspectra waar te kunnen nemen. Bij een verwachte stralingssom van 800 J/cm² en/of een momentane stralingsintensiteit van 400 W/m² werden de lampen ook uitgeschakeld. Begin februari was dit 350 en enkele weken later 250 W/m². Vanaf ongeveer week 43 (begin november) is maximaal belicht omdat het PAR-licht van de zon duidelijk minder werd. In Figuur 7 is de berekende PAR-licht afkomstig van de LEDs en zon weergegeven per week.



Figuur 7 De berekende hoeveelheid PAR-licht in de kas afkomstig van resp. de zon, de top-belichting en totaal (inclusief de tussenbelichting).

Zoals in Figuur 7 is te zien, nam de hoeveelheid PAR-licht afkomstig van de LED-lampen als gevolg van langer belichten toe tot ongeveer week 43. De totale dagelijkse hoeveelheid PAR-licht (DLI) gemiddeld per week, varieerde van 11 tot 21 mol/m². Bij 18 uur belichten met 150 µmol/m²/s was de DLI (alleen lamplicht) 9.7 mol PAR/m². Omdat verrood niet bij PAR-licht wordt gerekend, kwam de DLI bij de verroodbehandeling lager uit, namelijk op 8.4 mol/m²/s. In totaal is ca. 2400 uur belicht. Vanaf half november tot half januari was meer dan 80% van de hoeveelheid licht afkomstig van de LED-lampen. De totale hoeveelheid PAR-licht over de gehele periode t/m week 6 bedroeg bij de referentie en hoog blauw-behandeling zo'n 2080 mol/m² en bij de verrood-behandeling 1905 mol/m². De totale fotonflux-som voor de verroodlampen was 175 mol/m².

Met het energiescherm (XLS10) en donker scherm (XLS95) is er in alle kassen in totaal resp. zo'n 1350 en 1400 uur geschermd.

3.2 Ziekten, plagen en bestuiving

In de bramen is er niet gespoten tegen de galmijt, hetgeen in de praktijk wel gebruikelijk is. Mogelijk mede door het uitzetten van biologische bestrijders, zijn er bij het scouten geen galmijten in het gewas gevonden. Wel zijn de bramen begin november behandeld tegen rupsen en is de luis 2 maal bestreden met Flipper, wat effectief was. Eind februari kwamen er in de bramen wat rupsen van de Turkse mot voor, waartegen een behandeling werd uitgevoerd. De frambozen hebben de gehele teelt geen last gehad van ziekten en plagen, maar ook in dit gewas waren biologische bestrijders uitgezet.

Vanaf de 1^e bloei zijn hommeldozen in de proefkassen geplaatst en vanaf half oktober ook bijenkasten. Door de kasten vlakbij de tussengevel van de kassen met framboos en braam te plaatsen en daar een opening in de gevel te maken, konden de bestuivers in beide kassen vliegen. Begin november werd er bij de frambozen overbevlieging door de hommels geconstateerd, maar de bijen deden het erg slecht en er trad veel sterfte op. De bijenkasten zijn tijdens de teelt 2 maal vervangen, maar de bestuiving in de frambozen was vooral onder diffuus glas onvoldoende, waardoor er in de diffuus glazen kas te veel slecht gezette en korrelige vruchten ontstonden en de productie negatief werd beïnvloed.

3.3 Gewasstand en bladkleur

3.3.1 Braam

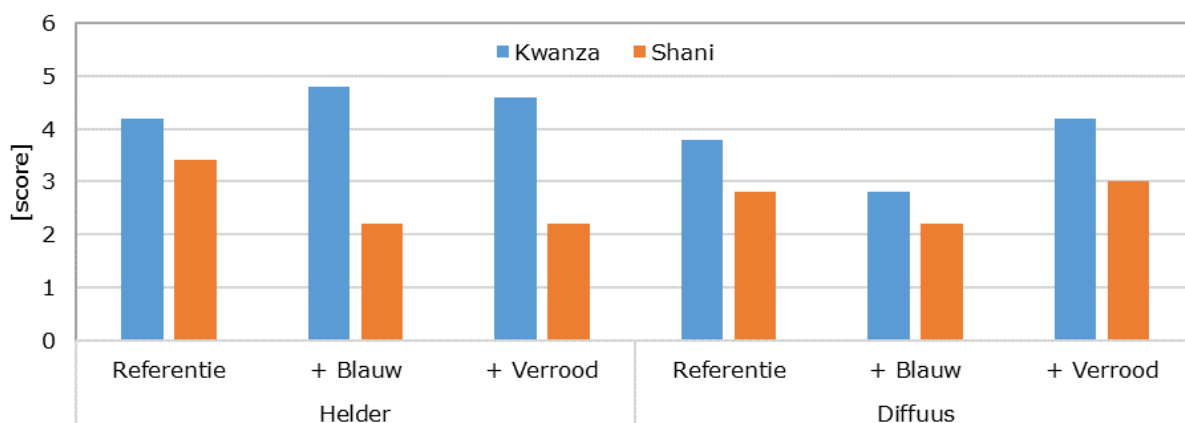
Bij de start vertoonden de lang bewaarde canes van Chester (te) veel botrytisplekken, waardoor het plantmateriaal zeer matig was. In de loop van de proef is besloten om daarom bij dit ras geen productiewaarnemingen meer te verrichten, maar wel enkele andere metingen en waarnemingen, zoals fotosynthese en kwaliteit. De 1^e bloei in Loch Ness vond op 8 oktober plaats na 8900 groeigraaduren (GDH). Begin november had Loch Ness sterke lateralen en een vrij vol gewas, waarschijnlijk mede door het vele natuurlijke en LED-licht. Chester was duidelijk later in ontwikkeling dan Loch Ness. In allebei de rassen waren er sterke onderlinge plantverschillen in gewasgroei. De 1^e oogst bij Loch Ness vond plaats na ca. 25000 GDH.

Eind november bevatten enkele vruchten één of meer witte bolletjes, die vaak via een klein gaatje rood sap lekten. Soms waren ze al wat ingedroogd. De exacte oorzaak hiervan is onbekend. Gedacht wordt o.a. aan prikschade door een insect (trips?), hoge vruchttemperatuur of hoge worteldruk. Na een paar weken kwam dit verschijnsel echter niet meer voor. Ook in de praktijk komen deze witte bolletjes wel voor (Janse *et al.*, 2022).

3.3.2 Framboos

In de primocane-planten van de rassen Shani en Kwanza was er al op resp. 24 en 28 september bloei te vinden. Begin oktober was Kwanza opvallend kort geschakeld en was er een grote variatie in gewasontwikkeling tussen de planten, mogelijk a.g.v. het toppen tijdens de plantopkweek. Shani had een meer open gewas en ca. 20% minder lateralen dan Kwanza.

Half oktober begonnen de onderste bladeren, met name bij Kwanza, maar ook bij Shani, te vergelen en in de loop van de teelt trok dit naar boven toe. Het leek alsof de plant al in winterrust (dormantie) ging. Dit had uiteraard invloed op het chlorofylgehalte in de jongere/groenere en de oudere/gelere bladeren en ook op de fotosyntheseactiviteit (Par. 3.8.2). De mate van bladvergelting is beoordeeld op 24 oktober 2018 (zie Figuur 8).



Figuur 8 Mate van bladvergelting van de onderste bladeren bij de verschillende behandelingen. Beoordelingsschaal 0-5, waarbij een hoger cijfer meer vergeling betekent. Beoordeling is uitgevoerd op 24 oktober 2018.

In Figuur 8 is duidelijk te zien dat het ras Kwanza op dat moment meer vergeeld blad had dan Shani. Tussen de lichtspectra waren de verschillen niet erg duidelijk. De oorzaak van de bladvergeling kon niet echt opgehelderd worden. Mogelijk hebben hierbij meerdere factoren een rol gespeeld. Rond de plantdatum was de daglengte een aantal weken korter dan 14 uur en mogelijk heeft dat de Kwanza-planten een signaal gegeven om in winterrust te gaan. Het ras Shani zou echter daglengteneutraal zijn en was ook niet bepaald vrij van bladvergeling. In de begeleidingscommissie (BCO) is het idee geopperd dat de frambozenplanten lichtstress zouden hebben ervaren in de laatste fase van de opkweek en/of in de 1^e periode na het overplaatsen in de proefkassen. In deze laatste periode is het inderdaad relatief zonnig geweest (zie Figuur 7, Par. 3.1).

Daarnaast is bekend dat Kwanzaplantjes gemakkelijk B en Mn opnemen en dat dit tot hoge gehalten in de bladeren en tot bladvergeling kan leiden. Bladsapanalyses en analyses op basis van drogestof wezen uit dat de gehalten van verschillende elementen, waaronder K, Ca, NO₃, Fe, Mn en B, mogelijk mede door een relatief hoge EC (>2 mS/cm), hoog waren en hoger in geler (ouder) blad waren dan in groener (jonger) blad. Deze gehalten lagen vaak hoger bij Kwanza dan bij Shani. De bladvergeling moet een negatieve invloed gehad hebben op de productie. Opvallend was dat de 10 lang bewaarde planten met canes (floricanes) in de randrij, totaal geen bladvergeling vertoonden.



Figuur 9 De bladvergeling begon onderin en trok in de loop van de proef langzaam naar boven toe (foto genomen op 2 november 2018).

Bij Kwanza werden de grondscheuten steeds tot op een stompje verwijderd, maar bij Shani niet, omdat deze scheuten nog vruchten konden geven. In de tweede helft van december ontstonden er vooral bij Kwanza veel gespleten/dubbele en korrelige vruchten. Volgens de BCO zouden deze zijn ontstaan in een periode van ca. 3 tot 14 dagen voor de oogst. Het zou te maken hebben met een hoge worteldruk door voldoende beschikbaarheid van water en een relatief hoge RV. Als actie is eerder gestopt met watergeven en is geprobeerd de RV te verlagen, o.a. door de temperatuur op de dag te verhogen naar 18 °C en meer te verwarmen met de onderbuis dan met de groeibuis, die naast de potten hing.

Eind december en in januari verliep de zetting onder diffuus glas slecht, mede door een zeer matige bevlieging van zowel de hommels als de bijen bij donker weer, ondanks het 2 maal wisselen van de bijenkasten gedurende de loop van de proef. Wel nam het aantal gespleten vruchten in januari wat af, maar bleef bij Kwanza te hoog. Dit heeft de productie duidelijk negatief beïnvloed.

3.4 Water en voeding

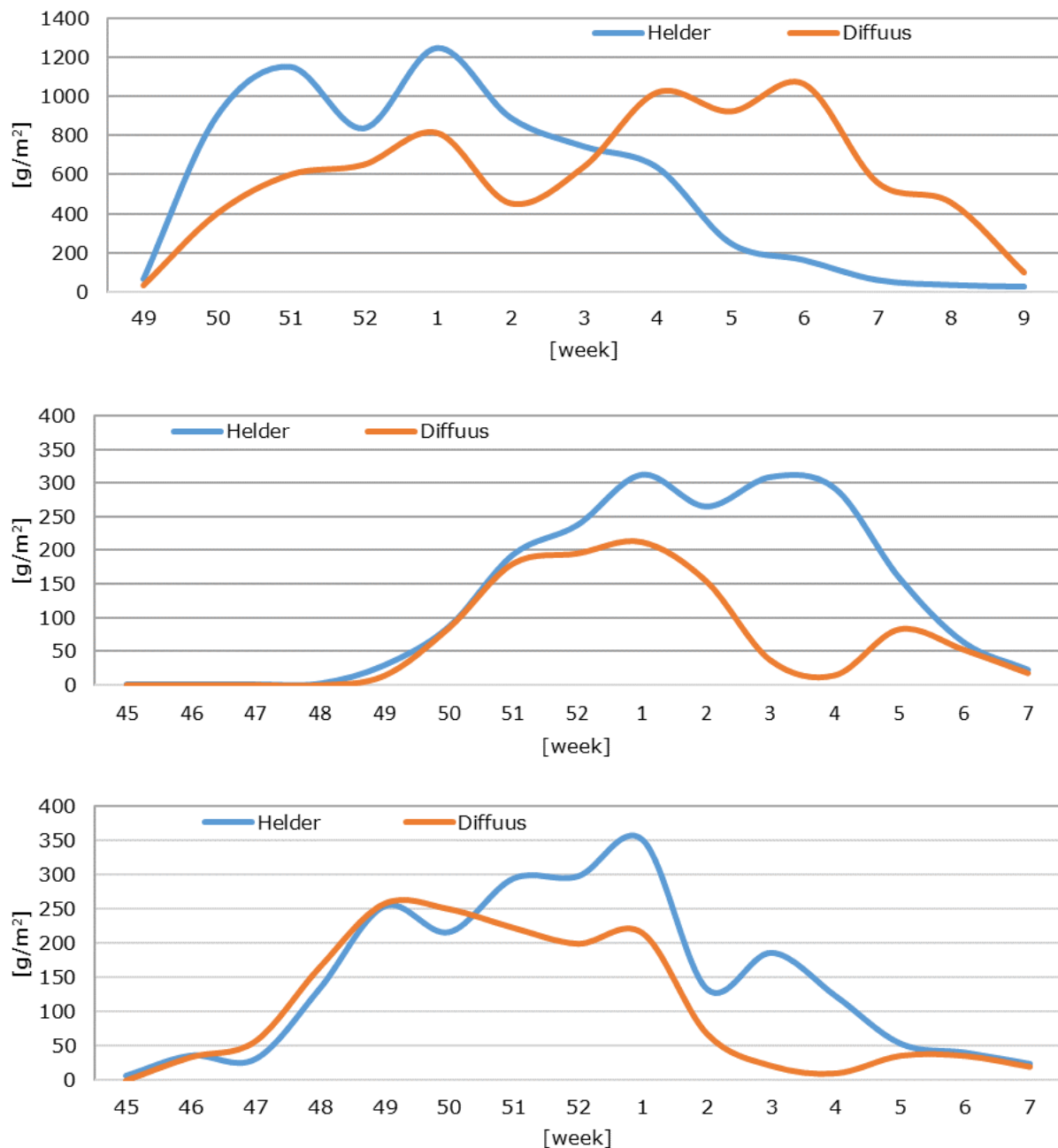
Bij framboos is in het begin wat extra ammonium gegeven om de vegetatieve groei te stimuleren.

Bij zowel braam als framboos is er via de EC-gift en druppelfrequentie/hoeveelheid naar gestreefd om uit te komen op een EC van 3 mS/cm door de EC gift en drain bij elkaar op te tellen. Dit wordt ook zo bij aardbei gedaan. Bij braam mocht dit ook oplopen naar 4 mS/cm. De EC in de drain lag bij braam en framboos gemiddeld op resp. 2.0 en 2.6 mS/cm. Mede door krap watergeven i.v.m. gespleten vruchten, is de gerealiseerde EC in de drain bij framboos aan de hoge kant geweest. Door de sterke bladvergeling zal er ook minder opname van voedingsstoffen zijn geweest, waardoor de EC in de drain gemakkelijk op kon lopen.

3.5 Productie

3.5.1 Glassoort en ras

Het verloop van de productie van braam en framboos onder helder en diffuus glas is weergegeven in Figuur 10.



Figuur 10 De productie van klasse 1-vruchten bij braam cv. Loch Ness (boven) en framboos cv. Kwanza (midden) en cv. Shani (onder) bij helder en diffuus glas gemiddeld over de 3 lichtspectra.

Zoals te zien is in de bovenste figuur, kwam de productie van onder helder glas eerder op gang, maar viel daarna sterk terug. Onder diffuus glas was dit juist andersom en kwam de productie uiteindelijk fors hoger uit dan onder helder glas, namelijk resp. 7800 en 5980 g/m^2 (klasse 1). Dit is een procentueel verschil van 30%! Omdat er onder helder glas ongeveer 2 maal zoveel klasse 2-vruchten zijn geoogst, is het procentuele verschil in totaalgewicht tussen beide glassoorten met 24% iets minder groot, namelijk resp. 8140 en 6575 g/m^2 .

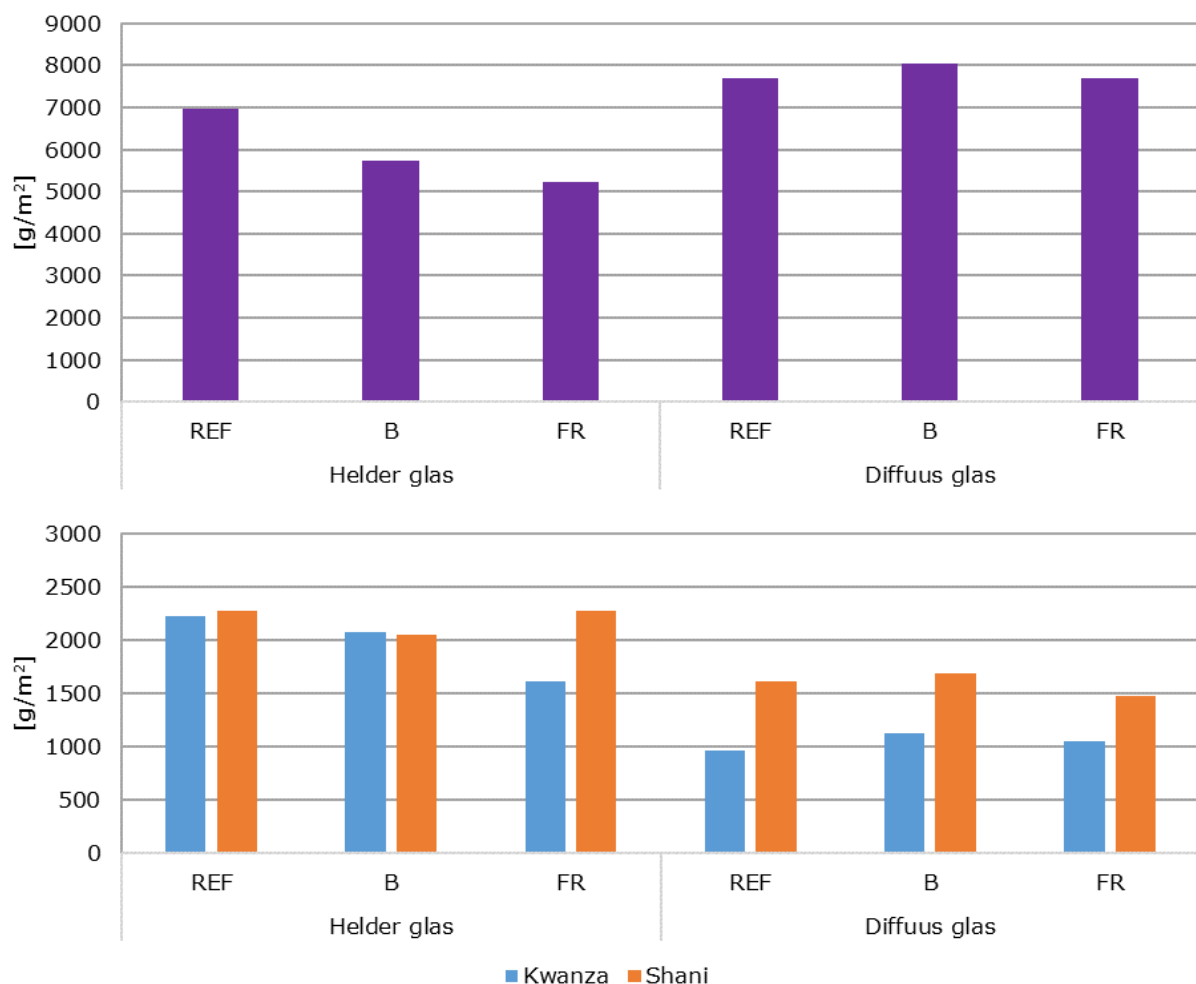
Bij framboos was dat echter juist andersom. Daar bedroeg de productie aan klasse 1-vruchten onder diffuus en helder glas bij Kwanza resp. 1045 en 1970 g/m² en bij Shani resp. 1590 en 2195 g/m². Dit betekent dat de productie onder diffuus glas bij Kwanza en Shani resp. 47 en 23% (gemiddeld 37%) lager was dan onder helder glas. Bij Kwanza zijn onder diffuus glas veel slecht gezette, korrelige en ook dubbele vruchten geoogst, mede door een slechte bevinging van de bestuivers (zie Par. 3.2). Dit heeft zeker de resultaten beïnvloed. Shani kwam eerder in productie dan Kwanza.

Als de klasse 1- en 2-vruchten bij elkaar worden genomen, dan kwam de productie bij Kwanza onder diffuus en helder glas uit op resp. 2480 en 1640 g/m² en bij Shani op resp. 2110 en 2460 g/m². Dit is gemiddeld over beide rassen een procentueel verschil van 24% ten voordele van helder glas. Een positief effect van diffuus glas op de productie bij braam en juist een negatief effect op de productie bij framboos, komt overeen met onderzoeksresultaten in België (Kerbusch, Boonen en Bylemans, 2015). Hiervoor is vooralsnog geen duidelijke verklaring te geven.

N.B. Zoals al eerder vermeld is, zijn geen productiegegevens van Chester gegeven, omdat het plantmateriaal onvoldoende was door een sterke botrytisaantasting.

3.5.2 Lichtspectrum en ras

In Figuur 11 is de productie van klasse 1-vruchten bij braam en bij framboos per ras weergegeven.



Figuur 11 De productie van klasse 1-vruchten per lichtspectrum met de referentie (REF), extra blauw (B) en verrood (FR). Bij braam was dit met het ras Loch Ness en bij framboos met de rassen Kwanza en Shani.

In Figuur 11 zijn duidelijk de productieverschillen tussen helder en diffuus glas te zien. De effecten van het lichtspectrum op de productie waren minder duidelijk en varieerden soms per glastype. Bij braam onder helder glas leek de productie bij de referentie het hoogst, maar onder diffuus glas was dit niet het geval. Mogelijk heeft zowel bij braam als framboos het heterogene plantmateriaal hierbij een rol gespeeld. Om betrouwbare uitspraken te doen over eventuele effecten van het lichtspectrum op de productie, zijn daarom grotere proefvelden en dus meer planten nodig.

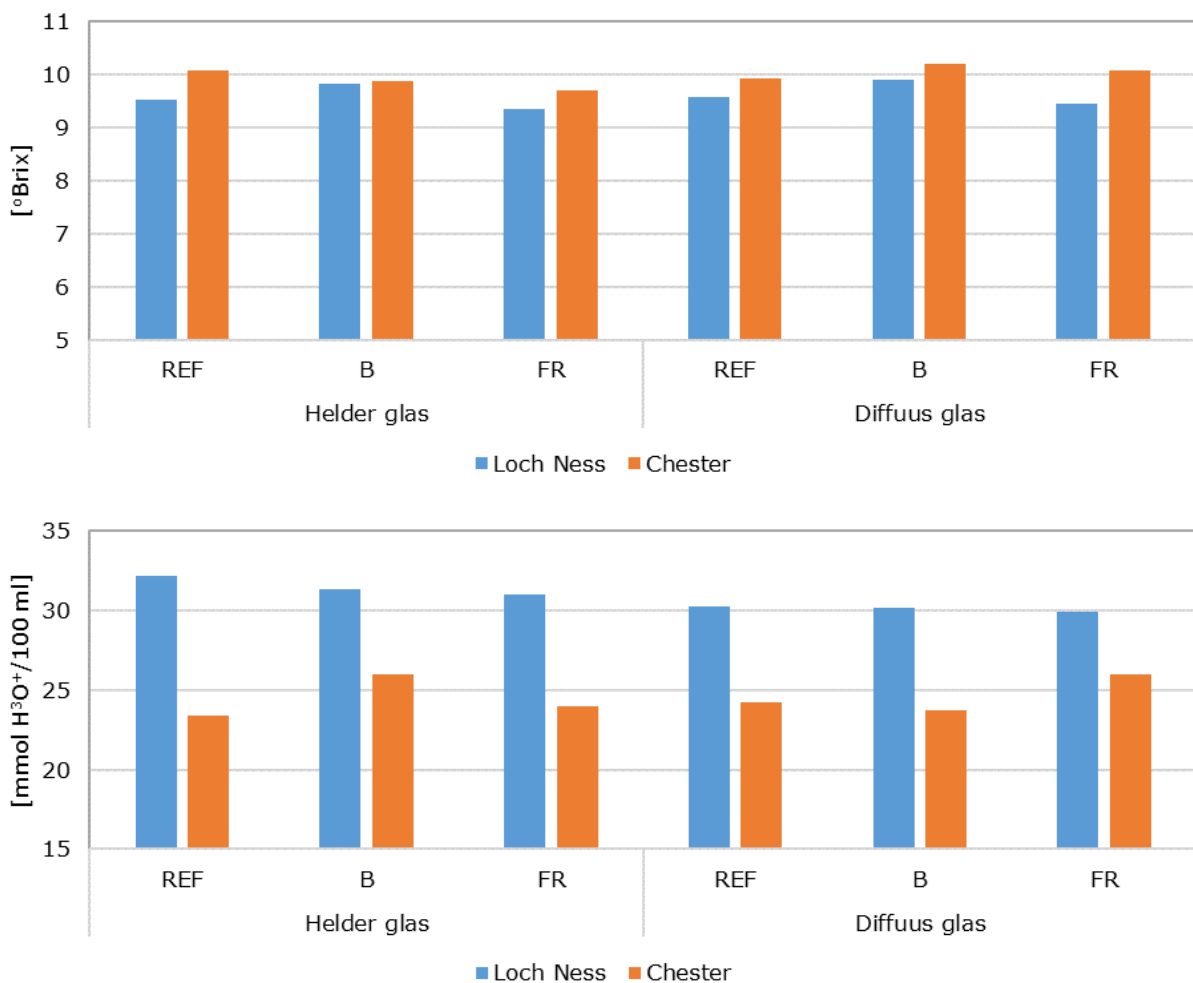
Het ras Kwanza bleek 10 x zo gevoelig voor gespleten vruchten dan Shani. Als alle vruchten worden meegenomen, dan produceerde Shani gemiddeld 10% meer dan Kwanza, maar dit kwam vooral door de zeer matige productie van Kwanza onder diffuus glas. Als gekeken wordt naar de productie van klasse 1-vruchten, dan bedroeg het verschil tussen beide rassen zelfs 27%.

Het gemiddeld vruchtgewicht lag bij braam (Loch Ness) op ruim 8 g. Bij framboos lag dit bij de rassen Kwanza en Shani gemiddeld tussen de 6 en 7 g per vrucht.

3.6 Kwaliteit

3.6.1 Refractie en zuurgehalte

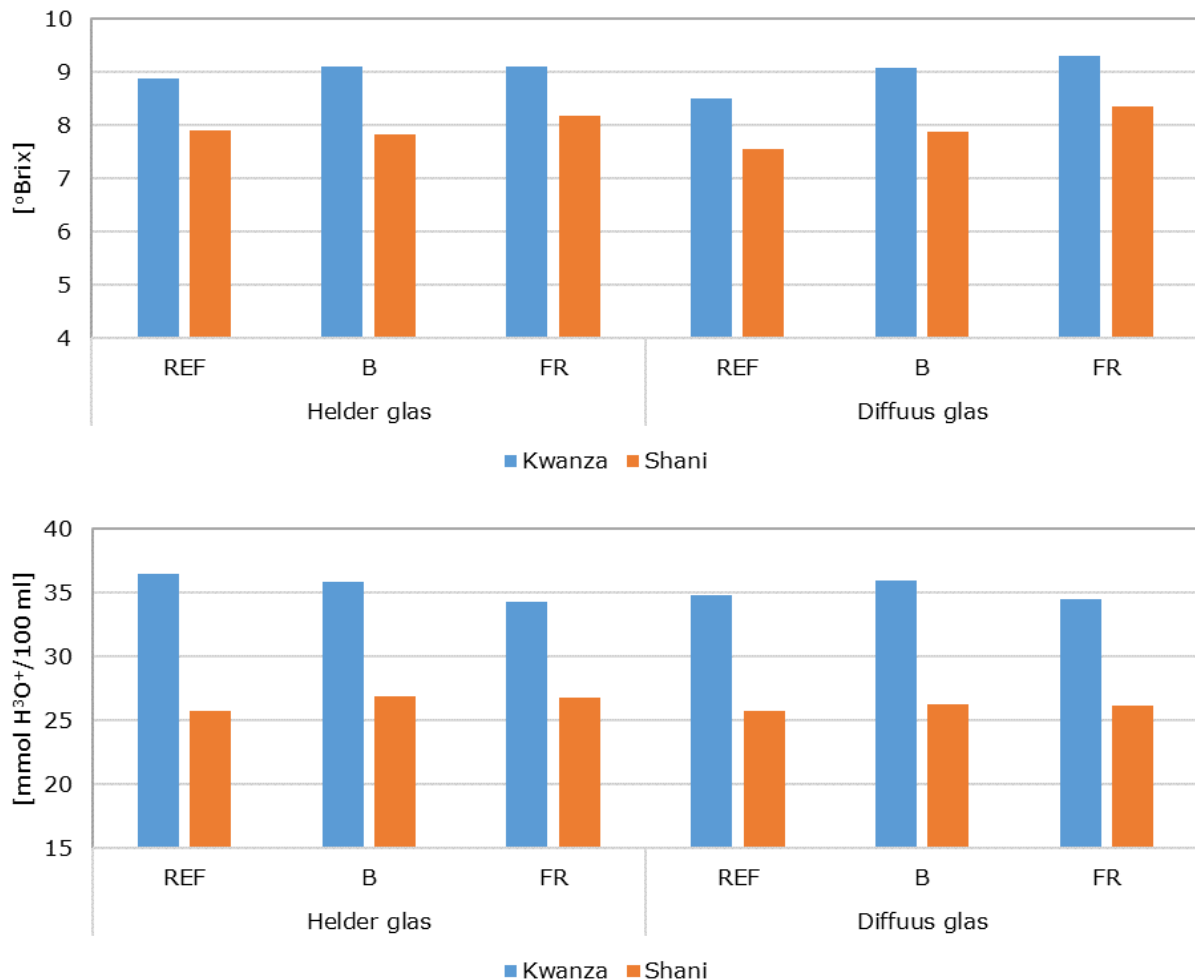
In Figuur 12 en 13 zijn de refractie en het zuurgehalte in de vruchten van resp. braam en framboos bij de verschillende behandelingen weergegeven.



Figuur 12 De refractie (boven) en het zuurgehalte (onder) van de vruchten van de braamrassen Loch Ness en Chester geteeld onder helder en diffuus glas bij 3 lichtspectra (referentie, extra blauw en verrood).

De refractie van Loch Ness en Chester was gemiddeld over alle behandelingen resp. 9.6 en 10 °Brix en het zuurgehalte resp. 31 en 25 mmol H₃O⁺/100 ml sap. Loch Ness had dus een hoog zuurgehalte in combinatie met een iets lagere refractie dan Chester en wordt daarom erg (te) zuur gevonden. Bij Chester waren de suikers c.q. refractie en de zuren beter in balans en werden de vruchten van dit ras door de meeste personen daarom lekkerder gevonden.

De lichtspectra en het glastype hadden bij braam nauwelijks of geen effect op de refractie of het zuurgehalte.



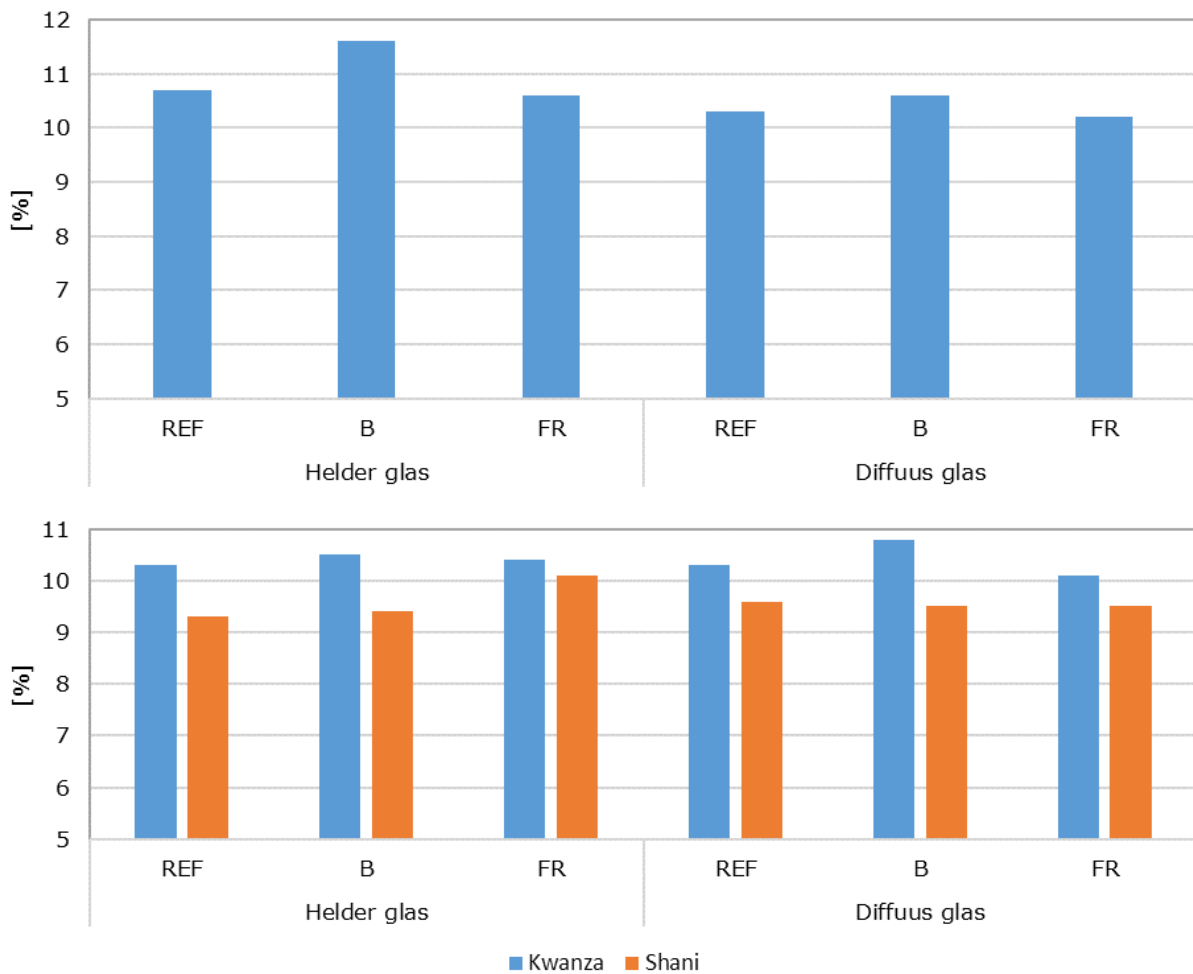
Figuur 13 De refractie (boven) en het zuurgehalte (onder) van de vruchten van de framboosrassen Kwanza en Shani geteeld onder helder en diffuus glas bij 3 lichtspectra (referentie, extra blauw en verrood).

Bij Shani was zowel de refractie als het zuurgehalte duidelijk lager. Gemiddeld over alle behandelingen lag de refractie bij Kwanza en Shani op resp. 9.0 en 7.9 °Brix en het zuurgehalte op resp. 35 en 26 H₃O⁺/100 ml. De vruchten van Shani bevatten dus zo'n 25% minder zuur dan die van Kwanza. Door de lagere refractie en het lagere zuurgehalte, zal de smaak van Shani waarschijnlijk lager worden gewaardeerd dan die van Kwanza.

Het referentiespectrum deed het qua refractie met 8.2 °Brix het minst en de behandeling met verrood deed het met 8.7 °Brix het best. De behandeling met extra blauw licht lag hier tussenin. Het glastype leek van weinig invloed op de inwendige kwaliteit.

3.6.2 Drogestofgehalte vrucht

In Figuur 14 is het drogestofgehalte van de vruchten van Loch Ness, Kwanza en Shani weergegeven.



Figuur 14 Het drogestofgehalte van de vruchten van Loch Ness (boven), Kwanza en Shani (onder), geteeld onder helder en diffuus glas en bij de 3 verschillende lichtspectra.

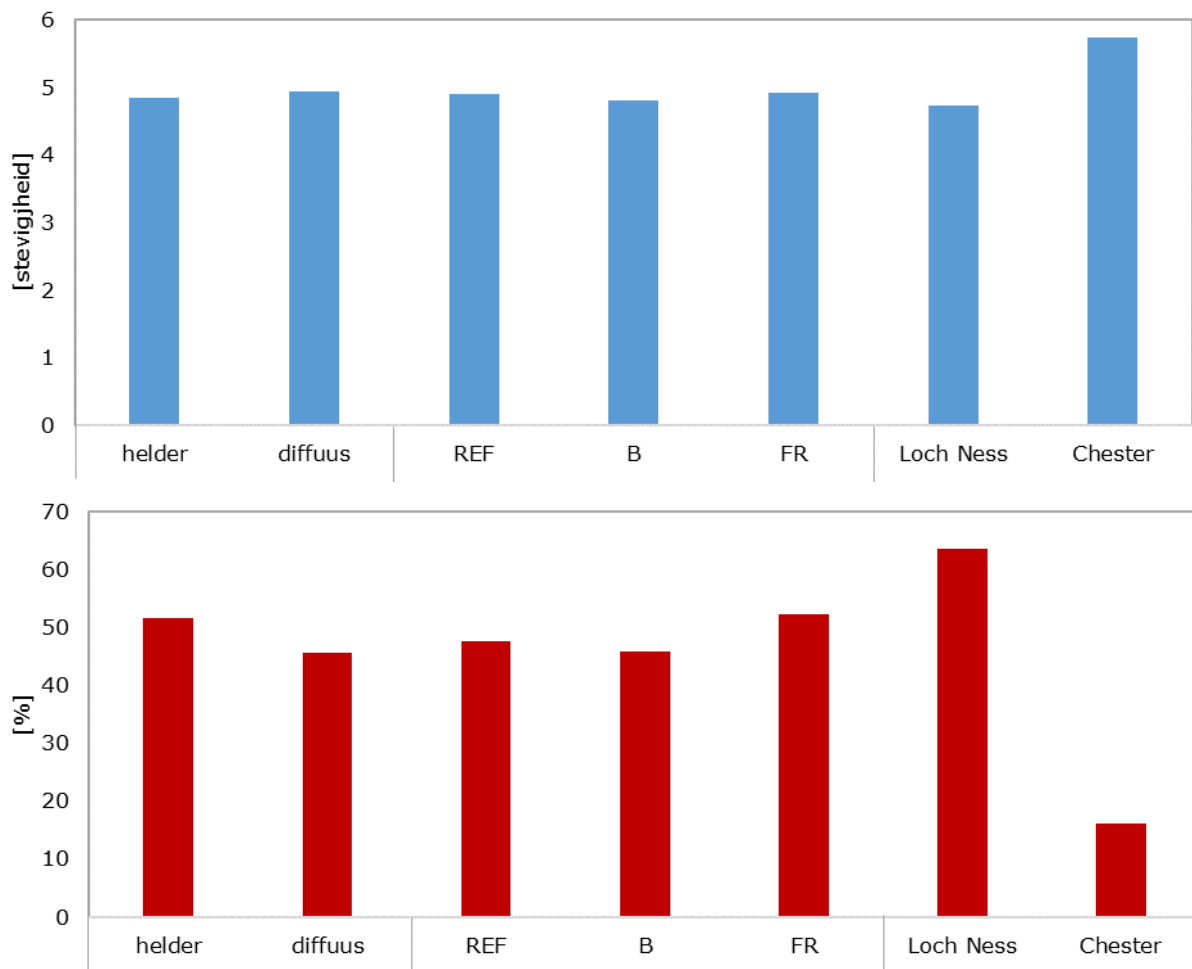
Bij braam was het percentage drogestof in de vruchten onder diffuus glas wat lager dan onder helder glas: 10.4 t.o.v. 11.0%. Hiermee zou een klein stukje van de meerproductie van diffuus glas t.o.v. helder glas verklaard kunnen worden. Zowel onder helder als diffuus glas leek extra blauw licht het drogestofgehalte positief te beïnvloeden.

Het ras Shani had een duidelijk lager drogestofpercentage dan Kwanza, namelijk 9.6 t.o.v. 10.4%. Dit is in lijn met de refractie (zie Par. 3.6.1). Het glastype leek niet van invloed op het drogestofgehalte te zijn.

3.6.3 Houdbaarheid

3.6.3.1 Houdbaarheid braam

In Figuur 15 is per behandeling achtereenvolgens de vruchtstevigheid en het percentage vruchten met rode bolletjes bij braam weergegeven.

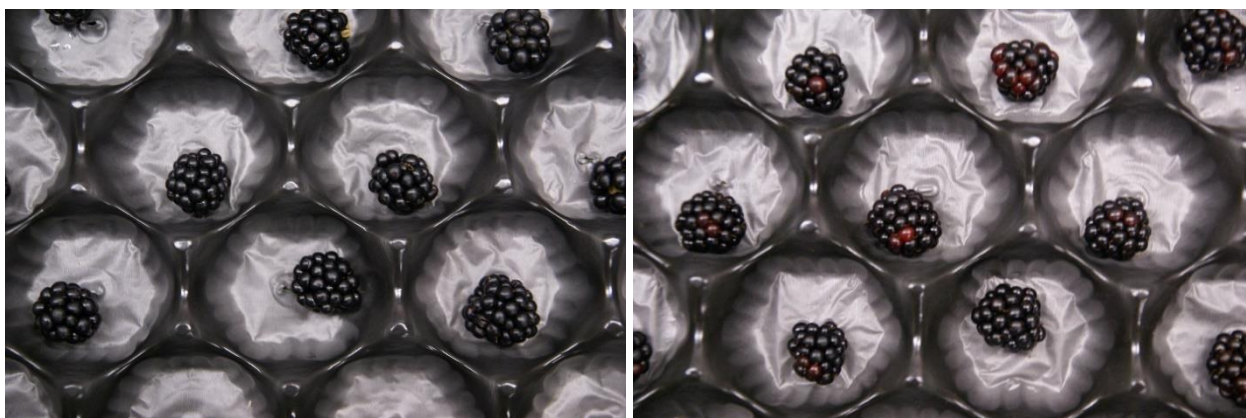


Figuur 15 De vruchtstevigheid (boven) en het percentage vruchten met rode bolletjes (onder) na 10 dagen bewaring bij resp. de behandelingen diffuus en helder glas, de 3 lichtspectra en de 2 braamrassen.

Gemiddeld over 4 inzetdata was er weinig verschil in vruchtstevigheid na bewaring tussen helder en diffuus glas of tussen de verschillende lichtspectra. Chester had na bewaring steviger vruchten dan Loch Ness.

Gemiddeld leken er iets meer vruchtjes met rode bolletjes te zijn onder helder glas en bij de lichtspectra iets meer met verrood licht. Het grootste verschil in % rode bolletjes was echter tussen de rassen: Loch Ness had 4 maal zoveel vruchten na bewaring dan Chester. Mogelijk kwam dit door de steviger vruchten, maar waarschijnlijk ook door de kleinere vruchten van Chester t.o.v. die van Loch Ness, waardoor ze minder gevoelig waren voor handling (Janse *et al.*, 2022).

Zowel lekkende vruchten als rotte vruchten na bewaring kwamen over het algemeen weinig voor. Gemiddeld over alle behandelingen en inzetdata waren de percentages resp. 3 en 1%. Tussen de behandelingen waren er geen duidelijke verschillen.

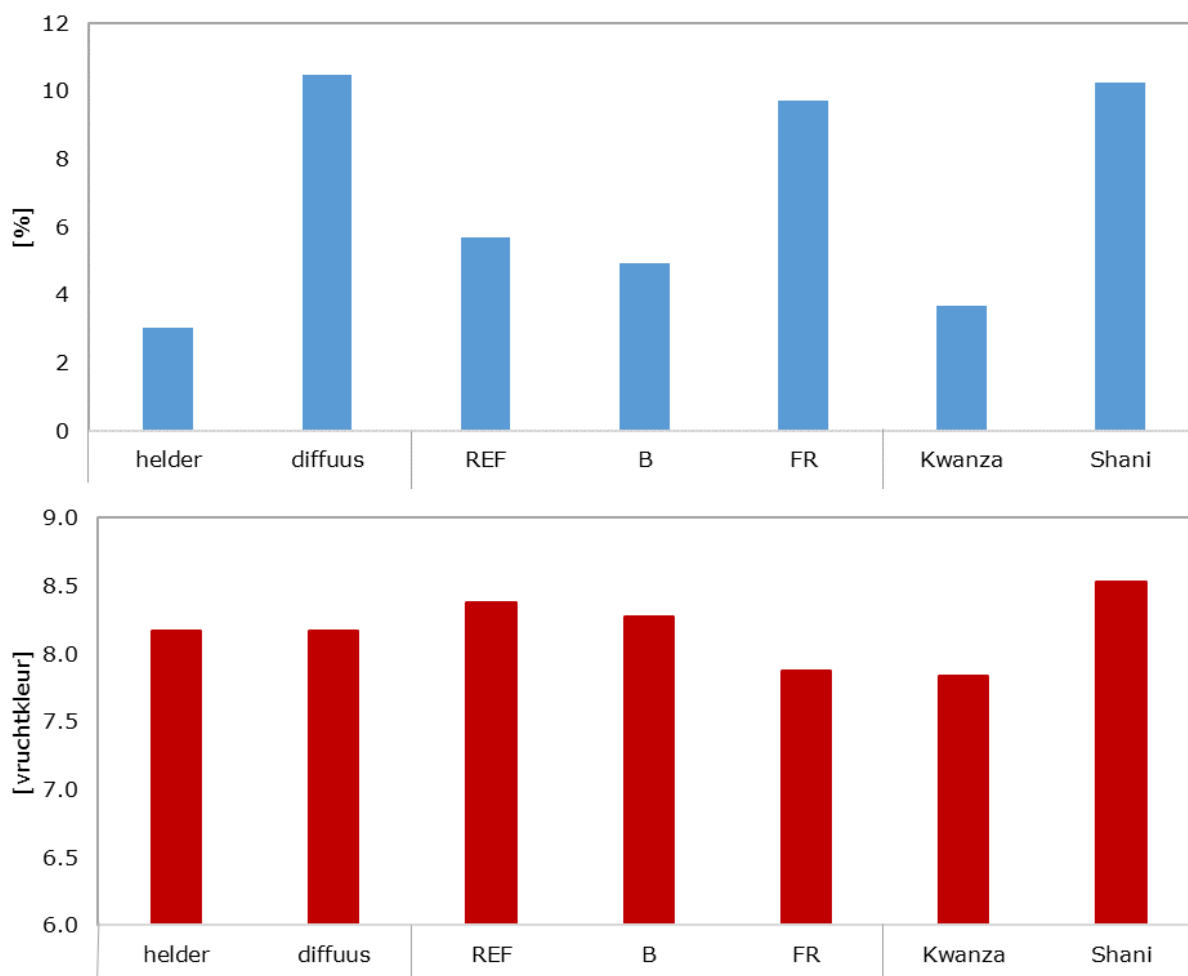


Figuur 16 Loch Ness (foto rechts) had duidelijk meer last van rode bolletjes tijdens de bewaring dan Chester (foto links).

3.6.3.2 Houdbaarheid framboos

Behalve tussen de rassen, waren er gemiddeld nauwelijks of geen houdbaarheidsverschillen tussen de behandelingen. Met een gemiddeld stevigheidscijfer van 5.4 was Shani wat minder stevig dan Kwanza (stevigheid 5.9). Het percentage lekkende vruchten was gering (2%). Dit verschijnsel trad alleen op bij Shani.

In Figuur 17 is achtereenvolgens per behandeling de vruchtkleur en het percentage rotte vruchten na 10 dagen weergegeven.



Figuur 17 De vruchtkleur (boven) en het percentage vruchten met rot (onder) na 10 dagen bewaring bij resp. de behandelingen diffuus en helder glas, de 3 lightspectra en de 2 framboosrassen. Een hoger cijfer betekent een donkerder kleur (schaal 1-9).

De soort glasdek had geen invloed op de vruchtkleur na bewaring. Met verrood leken de vruchten wat lichter van kleur te zijn. De vruchten van Kwanza waren duidelijk minder donker dan die van Shani en zagen er na 10 dagen bewaring nog fris uit.

Onder diffuus glas vertoonden de vruchten na bewaring 3 maal zoveel rot dan onder helder glas, waarvoor geen goede verklaring is te geven. Qua rot zat er ook een factor 3 tussen beide rassen, waarbij Shani duidelijk het gevoeligst was. Met verrood leek er ook wat meer rot op te treden dan in de andere 2 lichtspectrumbehandelingen.

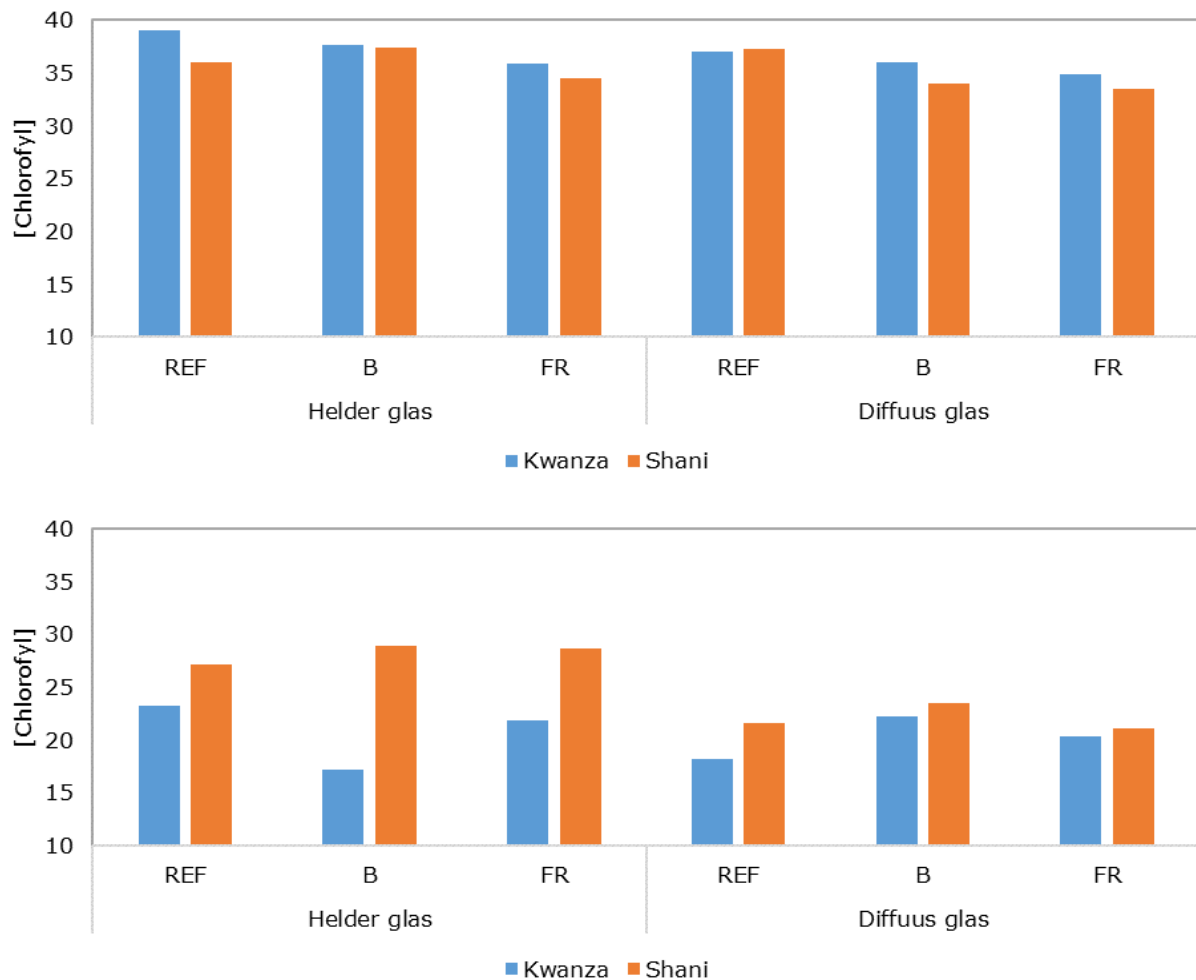


Figuur 18 Na bewaring oogden de Kwanzavruchten (boven) nog fris en bleven lichter van kleur dan de vruchten van Shani. Deze laatste vruchten bleken kwetsbaarder en gevoeliger voor rot.

3.7 Bladkleur framboos

Zoals in Par. 3.3.2 al is vermeld, trad er half oktober bij framboos vervroegd vergeling van de onderste bladeren op, vooral bij Kwanza. De verschillende veldjes zijn op 24 oktober beoordeeld op de mate van vergeling. De geelverkleuring bij Kwanza was inderdaad veel erger dan bij Shani, namelijk 4.1 vs. 2.6 op een schaal van 0-5. Onder helder glas leek er ook meer vergeling op te treden: bij helder en diffuus glas was het cijfer voor vergeling resp. 3.6 en 3.1. Mogelijk is er onder helder glas door meer directe zonbestraling en hogere planttemperatuur, meer plantstress opgetreden, waardoor het gewas eerder vergeelde. Uit metingen bleek dat de bladtemperatuur bij zonnig weer ruim 3 °C hoger kon zijn dan onder diffuus glas. V.w.b. het lichtspectrum: met blauw licht was de vergeling wat minder dan bij de andere lichtspectra.

In Figuur 19 zijn de resultaten weergegeven van de Dualex-metingen in jonge/groene en oudere/gelere bladeren van framboos bij de verschillende behandelingen in framboos v.w.b. het chlorofylgehalte.



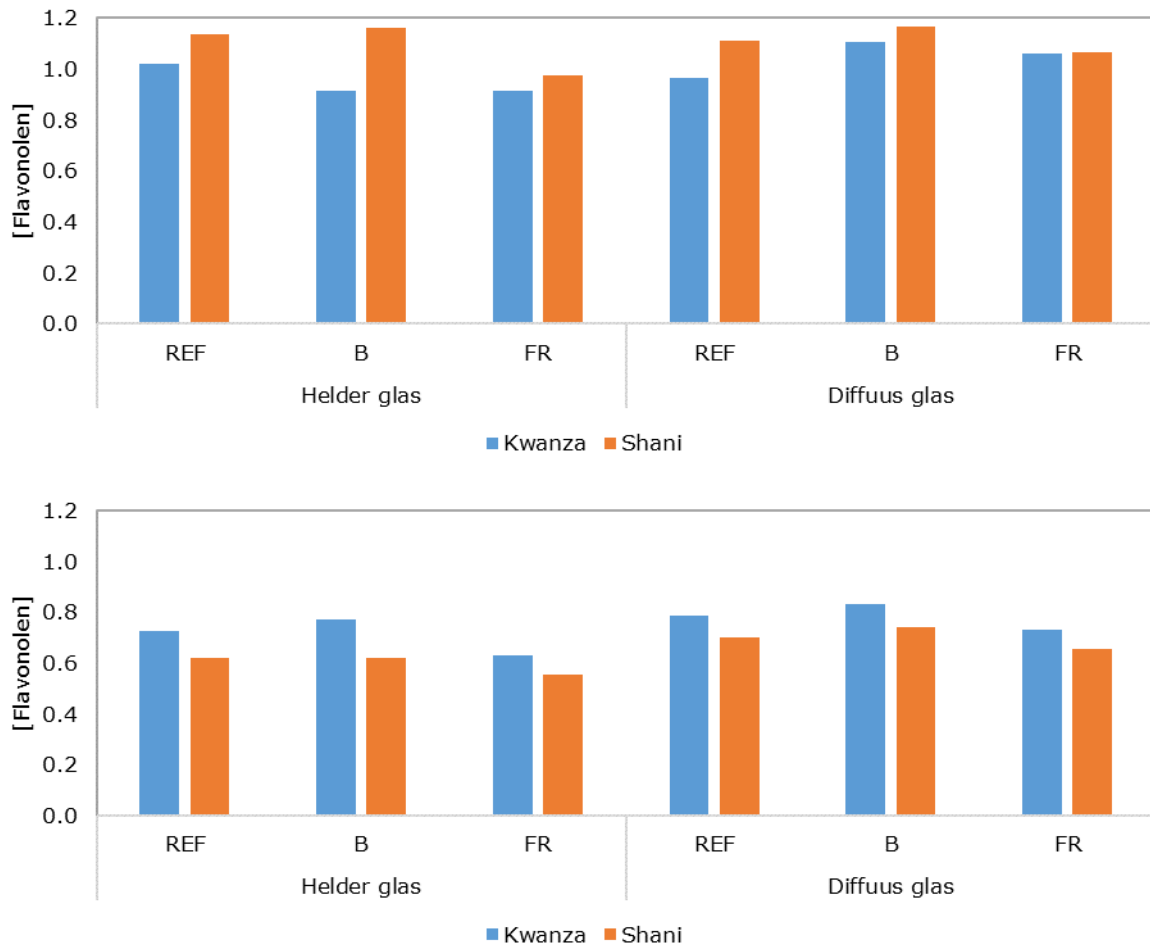
Figuur 19 Het chlorofylgehalte bij de verschillende behandelingen in jonge/groene (boven) en oudere/gelere bladeren (onder), gemiddeld over de metingen in oktober en november 2018.

Duidelijk is dat het chlorofylgehalte in de groene bladeren fors hoger was dan in de gele bladeren. Gemiddeld was dit resp. 36.1 en 22.8. Als de bladeren nog jong en groen waren, was het chlorofylgehalte in Kwanza iets hoger dan in Shani, namelijk resp. 36.7 en 35.4, maar als ze geler verkleurden, was dit helemaal omgedraaid: het chlorofylgehalte van Kwanza en Shani was toen resp. 20.5 en 25.2.

Diffuus glas gaf in de gele bladeren gemiddeld gezien een duidelijk lager chlorofylgehalte, maar dit was voornamelijk een effect van Shani. Verrood beïnvloedde het chlorofylgehalte in de groene bladeren wat negatief t.o.v. de andere 2 behandelingen, maar bij de gele bladeren was er gemiddeld geen effect van het lichtspectrum op het chlorofylgehalte.

In de tijd nam het chlorofylgehalte af. Bij de metingen op 29 oktober en 9 november was het chlorofylgehalte in het groenere blad namelijk gemiddeld resp. 37.8 en 34.3. In de gele bladeren was dit resp. 25.6 en 20.1.

De resultaten van de flavonolen-metingen zijn weergegeven in Figuur 20.



Figuur 20 Het gehalte aan flavonolen bij de verschillende behandelingen in jongere/groenere bladeren (boven) en oudere/gelere bladeren (onder), gemiddeld over de metingen in oktober en november 2018.

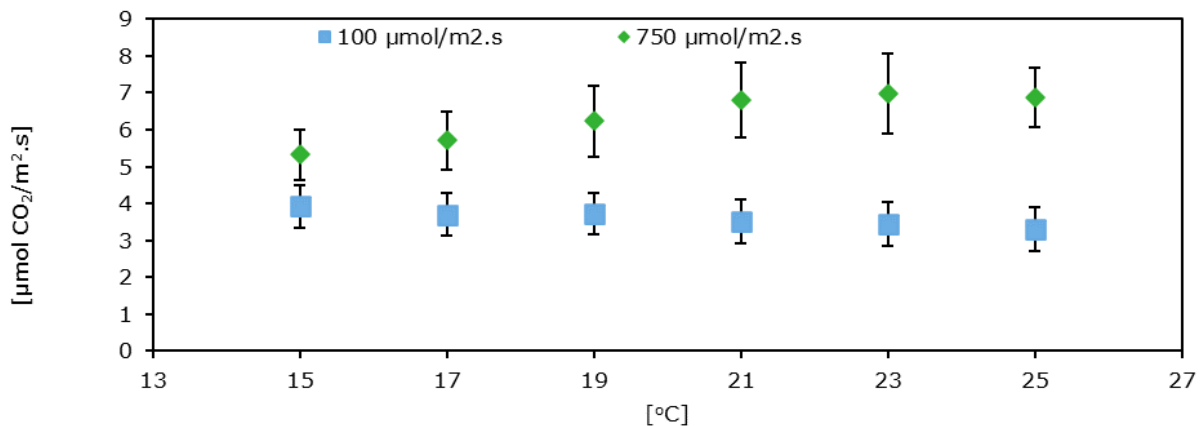
Het flavonolgehalte was duidelijk hoger in groene dan in gelere bladeren: de gemiddelde gehalten waren resp. 1.05 en 0.70. Met gemiddelde flavonolgehalten van resp. 0.84 en 0.91, bleek het gehalte onder diffuus glas wat hoger te zijn dan onder helder glas. Bij de rassen was er een interactie met de mate van vergeling: bij de groenere bladeren was het flavonolgehalte bij Shani hoger dan bij Kwanza, maar bij de gelere bladeren was dit juist andersom. Het gehalte aan flavonolen was in de meeste gevallen lager met verrood licht dan bij de andere lichtbehandelingen. Extra blauw licht zorgde in het algemeen voor wat hogere gehalten: het gemiddelde flavonolgehalte bij de REF-, B- en FR-lichtbehandeling was resp. 0.88, 0.91 en 0.82.

Er is zeer weinig anthocyaan in het blad gemeten. De verschillen tussen de behandelingen waren ook gering.

3.8 Fotosynthese

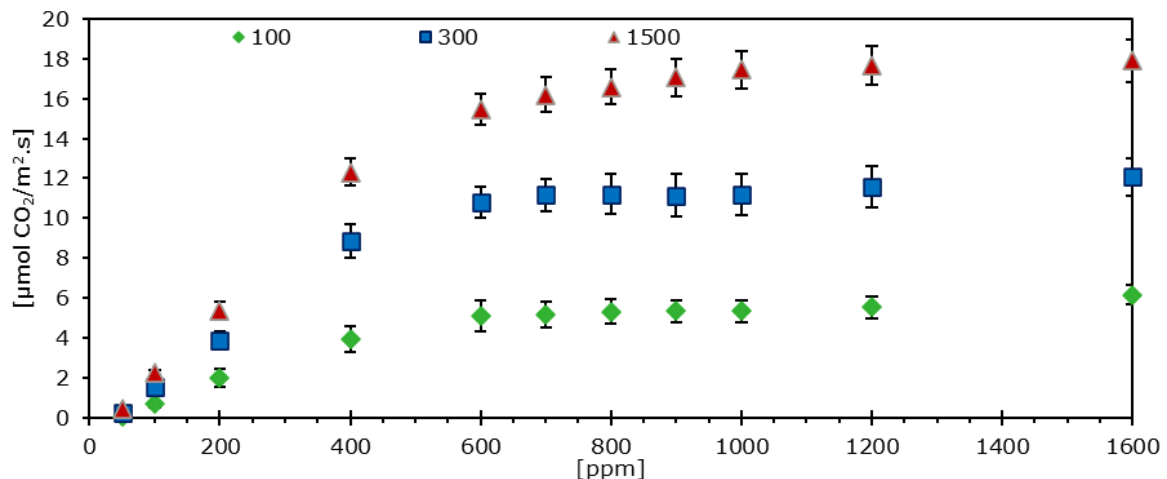
3.8.1 Fotosynthese braam

In de Figuren 21 t/m 24 worden achtereenvolgens de effecten van de temperatuur, CO₂, lichtintensiteit en -spectrum op de netto-fotosynthese bij Loch Ness weergegeven.



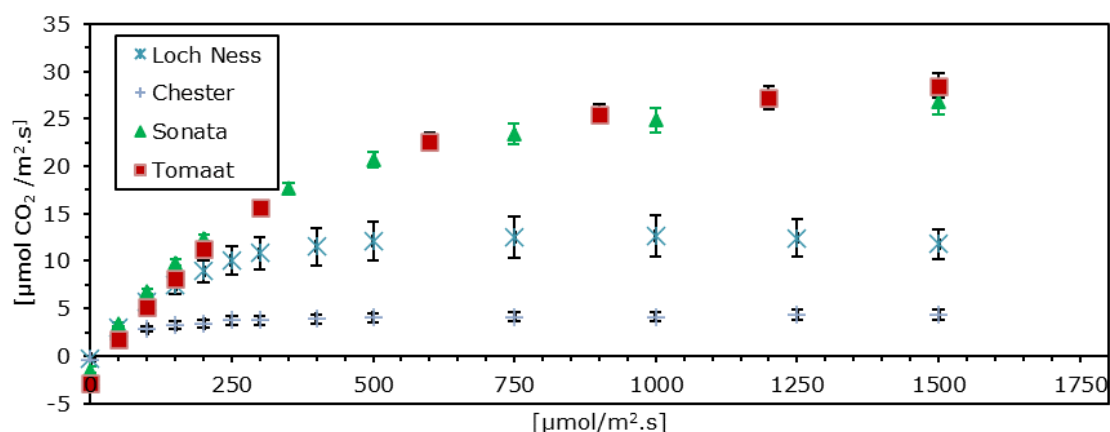
Figuur 21 Temperatuurinvloed op de netto-fotosynthese van Loch Ness bij een lichtintensiteit van 100 en 750 μmol/m².s en 1000 ppm CO₂.

Bij weinig licht (100 μmol/m².s) leek de netto-fotosynthese bij een hogere temperatuur dan 19°C wat te dalen. Bij veel licht (750 μmol/m².s) trad deze daling pas op bij 25°C. Voor de fotosynthese is het dus gunstig om bij veel licht de temperatuur niet te laag te houden. Bij meer licht is de fotosynthese hoger.



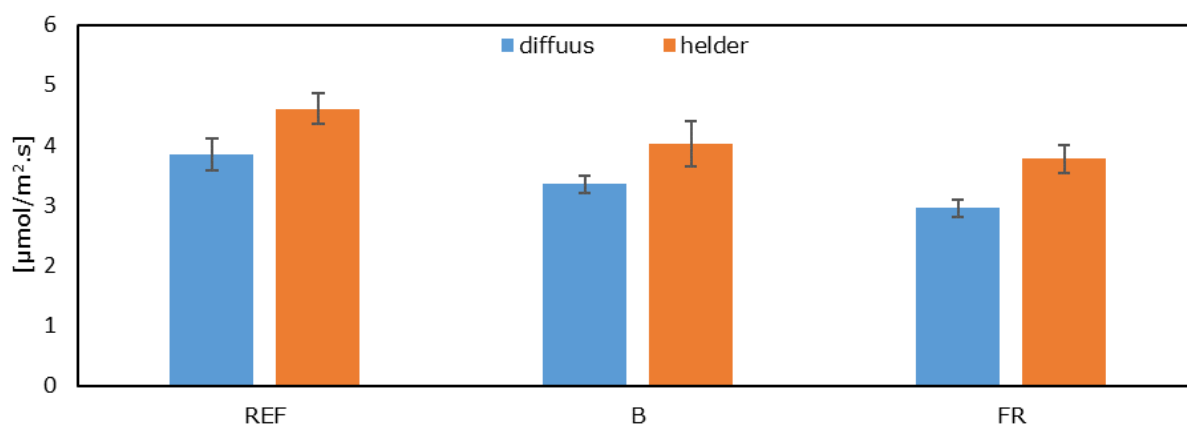
Figuur 22 Invloed van de CO₂-concentratie op de netto-fotosynthese bij Loch Ness bij lichtintensiteiten van 100, 300 en 1500 μmol/m².s (metingen in de winter van 2018/2019).

Meer licht verhoogde duidelijk de fotosynthese: bij 300 en 1500 μmol/m².s nam de fotosynthese t.o.v. een lichtintensiteit van 100 μmol/m².s met resp. ca. een factor 2 en 3 toe. CO₂-dosereren tot 700 à 800 ppm blijkt zeker zinvol. Als de CO₂-concentratie onder de 400 ppm daalde, betekende elke procent minder CO₂, 1% minder fotosynthese.



Figuur 23 Invloed van de lichtintensiteit op de netto-fotosynthese van de bramenrassen Chester en Loch Ness in vergelijking met 2 soorten tomaten bij een CO₂-concentratie van 1000 ppm.

In vergelijking met tomaat, dan is de fotosynthese van braam duidelijk lager. Er zat een factor 3 verschil in fotosynthese tussen Chester en Loch Ness. Bij de bramen trad er bij deze metingen al lichtverzadiging op bij 400 à 500 μmol/m².s. Als de fotosynthese van aardbei met die van Loch Ness wordt vergeleken, dan blijkt dat de fotosynthese van aardbei bij 150 μmol/m².s, 30% hoger lag dan bij Loch Ness. Bij 750 μmol/m².s was dat verschil zelfs toegenomen tot 90%.



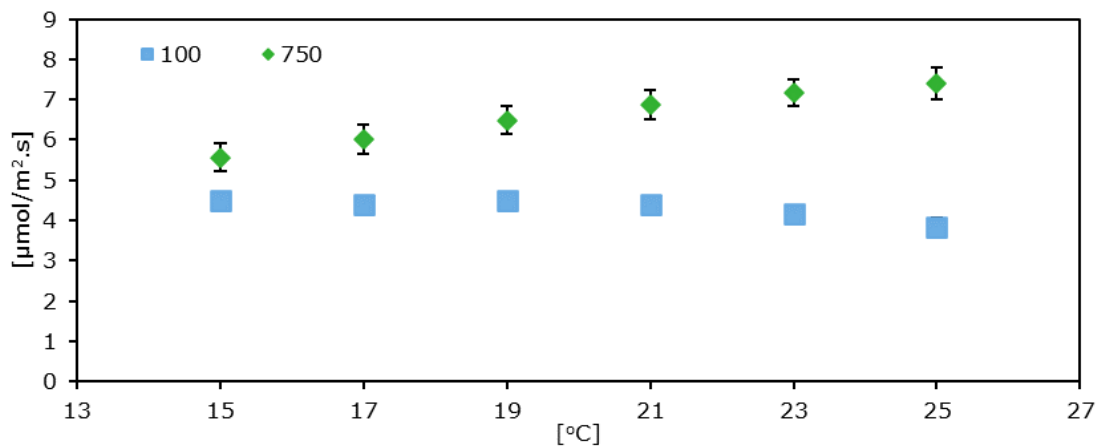
Figuur 24 Invloed van het lightspectrum onder helder en diffuus glas op de netto-fotosynthese van Loch Ness bij verschillende lichtintensiteiten (referentie, blauw en verrood). De metingen vonden plaats in de 2^e helft van januari ter hoogte van de modules met LED-tussenlicht bij een lichtintensiteit van 100 μmol/m².s.

Onder helder glas was de netto-fotosynthese wat hoger dan onder diffuus glas. Het verschil tussen helder en diffuus glas had mogelijk te maken met verschillen in plantbelasting. Bij helder glas waren er al veel vruchten geoogst, terwijl er onder diffuus glas nog veel onrijpe vruchten aanhingen (zie Par. 3.5.1). Uit onderzoek met houtig kleinfruit is bekend dat een lage plantbelasting de fotosynthese kan verlagen (Janse *et al.*, 2022). Het algehele fotosyntheseniveau was bij deze metingen echter laag.

Zowel onder diffuus als helder glas was de fotosynthese bij het referentielightspectrum het hoogst en was met FR onder diffuus glas het laagst.

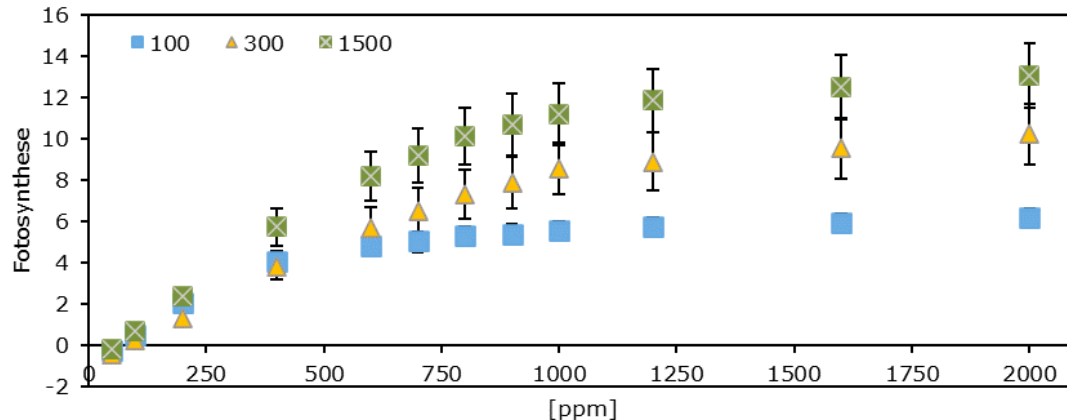
3.8.2 Fotosynthese framboos

In Figuur 25 t/m 28 worden bij framboos de effecten van de temperatuur, CO₂-concentratie, de lichtintensiteit + ras en het lichtspectrum in combinatie met de glassoort op de fotosynthese weergegeven.



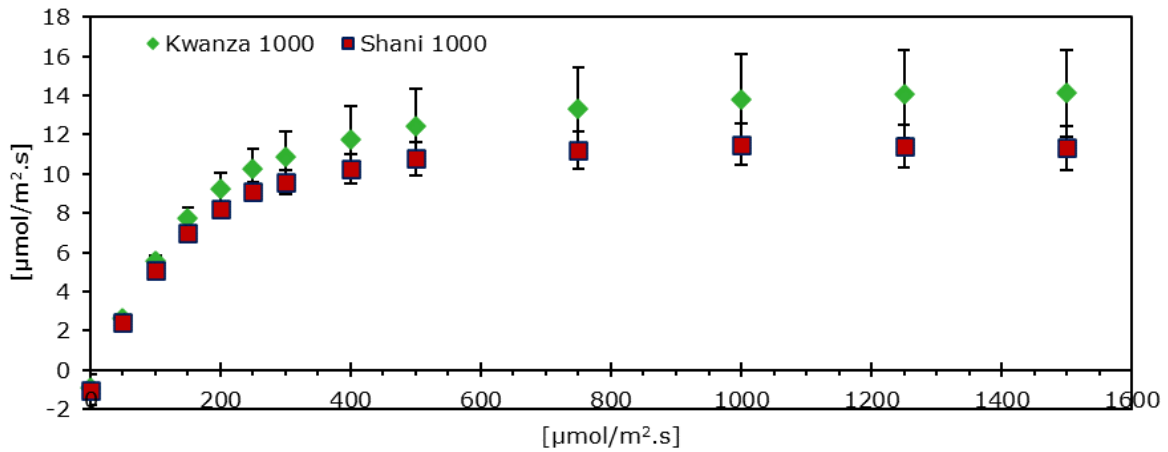
Figuur 25 Invloed van de temperatuur op de netto-fotosynthese van Kwanza bij een lichtintensiteit van 100 en 750 µmol/m².s en een CO₂-concentratie van 1000 ppm.

Bij weinig licht (100 µmol/m².s) daalde de netto-fotosynthese bij een temperatuur van 21°C en hoger. Evenals bij braam, bleef bij framboos de netto-fotosynthese bij een hogere temperatuur in combinatie met veel licht (750 µmol/m².s) wel stijgen naarmate de temperatuur hoger werd.



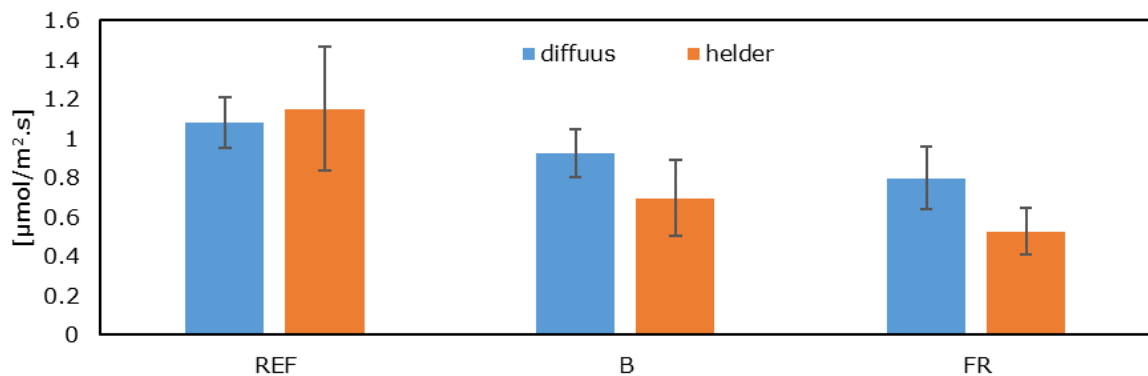
Figuur 26 Invloed van de CO₂-concentratie op de netto-fotosynthese van het frambozenras Kwanza bij een lichtintensiteit van 100, 300 en 1500 µmol/m².s (metingen in de winter van 2018/2019).

Doseren van CO₂ blijkt bij framboos waardevol te zijn, maar is sterk afhankelijk van de lichtintensiteit. Dit was bij braam ook te zien. Hoe hoger de lichtintensiteit, hoe hoger de fotosynthese. Bij een toename van de lichtintensiteit was er ook een toename in fotosynthese waar te nemen als de CO₂-concentratie in de kaslucht steeg.



Figuur 27 Invloed van de lichtintensiteit op de netto-fotosynthese van de frambozenrassen Kwanza en Shani bij een CO₂-concentratie van 1000 ppm.

Het verschil in fotosynthese tussen de 2 framboosrassen was niet groot. Het lichtverzadigingspunt (bij 1000 ppm CO₂) lag bij Shani wel lager dan bij Kwanza, namelijk resp. op ca. 700 en 940 μmol/m².s.



Figuur 28 Invloed van het lightspectrum en de glassoort op de netto-fotosynthese van Kwanza bij verschillende lichtintensiteiten (referentie, blauw en verrood). De metingen vonden plaats in de 2^e helft van januari ter hoogte van de modules met LED-tussenlicht bij een lichtintensiteit van 100 μmol/m².s.

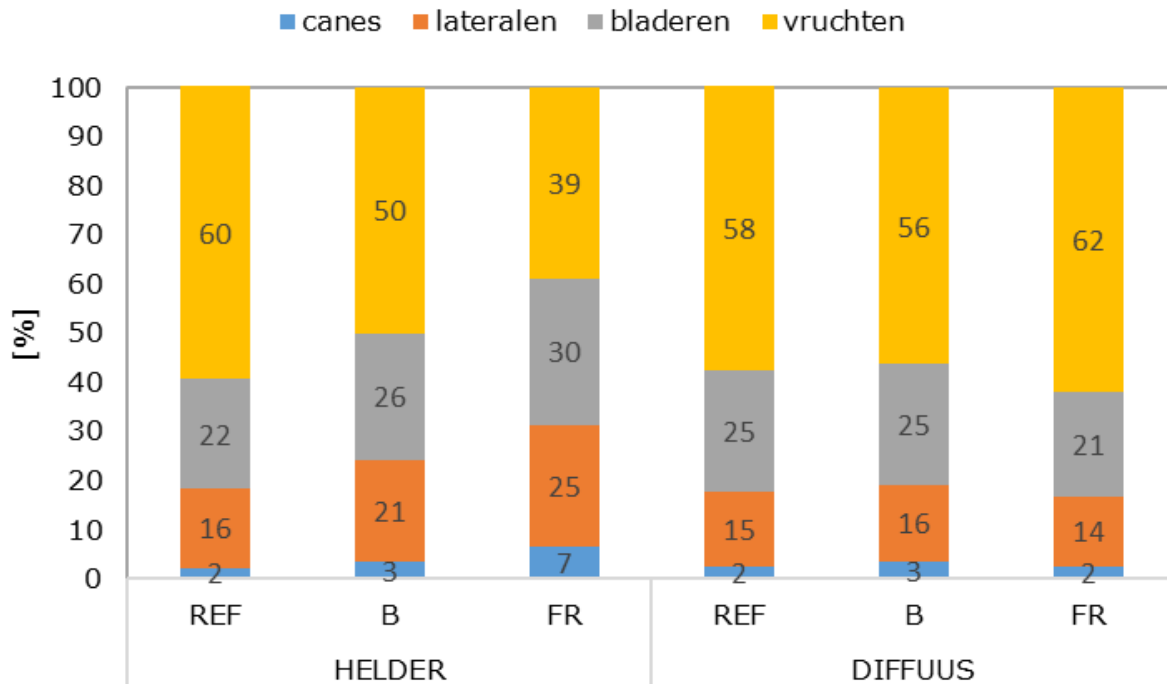
Waarschijnlijk als gevolg van de bladvergeling, lag de netto-fotosynthese in januari op een erg laag niveau. Bij de REF was de fotosynthese wat hoger dan bij FR. Er was een tendens dat de fotosynthese bij B en FR onder diffuus glas wat lager lag dan onder helder glas. Dit had mogelijk te maken met de lagere plantbelasting onder diffuus glas (zie ook Par. 3.5.1).

3.9 Destructieve metingen einde teelt

Het drogestofgehalte van de canes van Loch Ness was bij de start van de teelt 39% en aan het einde van de teelt 43%. Tijdens de teelt waren er dus wat assimilaten naar de canes gegaan. Aan het einde van de teelt was het drogestofgehalte van de lateralen gemiddeld over alle behandelingen 37%. Het drogestofgehalte van het blad was sterk afhankelijk van de mate van de bladveroudering en is daarom niet goed te geven. Wel is de totale hoeveelheid drogestof per plantdeel gemeten om de verdeling over de verschillende plantdelen te kunnen bepalen.

Bij framboos was het drogestofgehalte van de totale plant (stengels + blad) bij het uitplanten van zowel Kwanza als Shani 23%. Het drogestofgehalte van de canes aan het einde van de teelt was gemiddeld over alle behandelingen bij Kwanza en Shani resp. 49 en 38% en van de lateralen resp. 46 en 42%. Het drogestofgehalte was bij Kwanza dus hoger dan bij Shani. Dit was ook al bij de vruchten het geval (zie Par. 3.6.2).

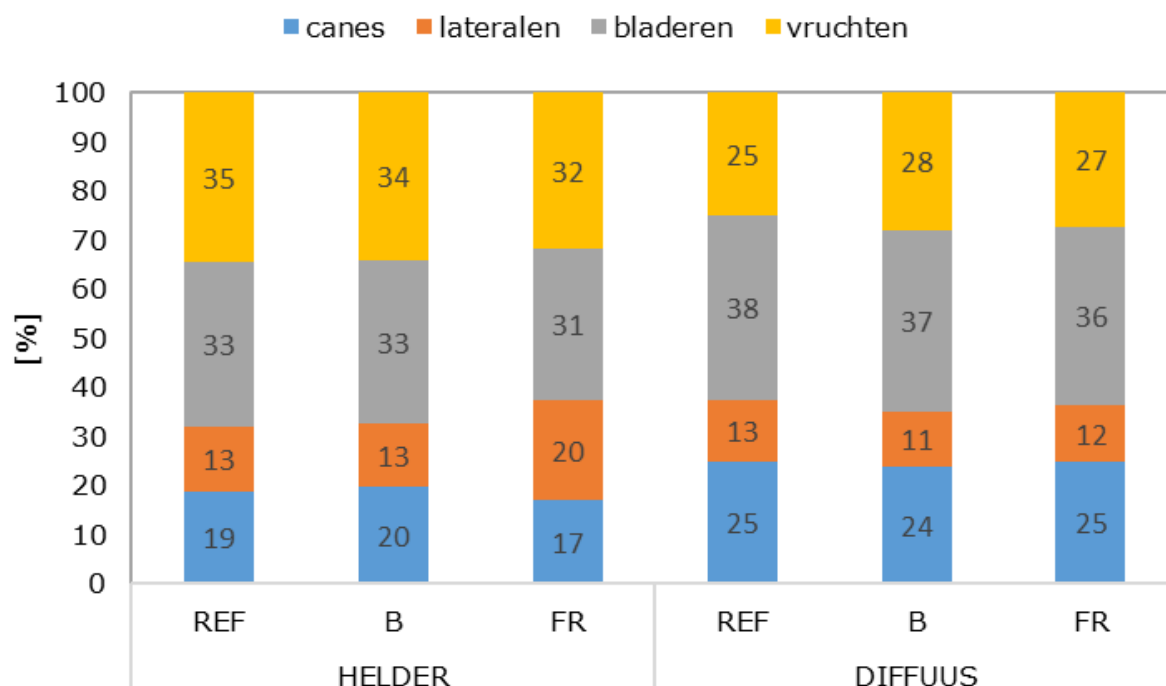
In Figuur 29 en 30 is de procentuele verdeling van de drogestof over de verschillende plantdelen weergegeven.



Figuur 29 De procentuele verdeling van de drogestof over de verschillende plantdelen bij het bramenras Loch Ness bij de verschillende lichtspectra onder helder en diffuus glas.

N.B. Voor de verdeling van drogestof is bij de canes de drogestof toename na het planten gemeten. Dus is de hoeveelheid drogestof van de canes vòòr het planten afgetrokken van de hoeveelheid drogestof bij de destructieve oogst aan het einde van de teelt.

Onder helder glas ging er bij de referentie relatief veel drogestof naar de vruchten toe en relatief gezien dus minder naar de lateralen en het blad. Met FR was dit vooral door de lagere vruchtproductie (zie Par. Pp) juist omgekeerd. Onder diffuus glas waren de relatieve verschillen tussen de lichtspectra, mede door geringere productieverschillen, veel minder groot. Meestal ging er onder diffuus glas (relatief gezien) minder drogestof naar de lateralen en meer naar de vruchten toe. Gemiddeld over alle behandelingen was het relatieve aandeel drogestof in de canes, lateralen, bladeren en vruchten bij braam resp. 3, 18, 25 en 54%.



Figuur 30 De procentuele verdeling van de drogestof over de verschillende plantendelen bij het frambozenras Kwanza bij de verschillende lichtspectra onder helder en diffuus glas.

In de Figuur 30 is duidelijk te zien dat er onder diffuus glas (relatief gezien) minder drogestof naar de vruchten is gegaan, maar meer naar de canes/hoofdstengels en blad. Tussen de lichtspectra waren de effecten op de drogestofverdeling niet erg duidelijk. Gemiddeld over alle behandelingen was het relatieve aandeel drogestof in de canes, lateralen, bladeren en vruchten bij het frambozenras Kwanza resp. 22, 14, 35 en 30%.

Als de framboos wordt vergeleken met braam, dan blijkt dat er bij braam een fors hoger aandeel van de drogestof in de vruchten werd ingebouwd.

N.B. Bij het ras Shani ging relatief veel drogestof, namelijk ca. 23% van de totale hoeveelheid, naar de grondscheuten. Bij Kwanza werden de grondscheuten vroegtijdig verwijderd, maar de grondscheuten van Shani konden nog vruchten geven en daarom werden deze scheuten niet verwijderd.

In Tabel 2 zijn de resultaten van een aantal destructieve metingen aan het einde van de teelt weergegeven.

Tabel 2 Resultaten van enkele destructieve metingen, die uitgevoerd zijn aan het einde van de teeltperiode bij braam (Loch Ness) en framboos (Kwanza), gemiddeld over alle lichtspectra bij helder en diffuus glas.

	Framboos helder	Framboos diffuus	Braam helder	Braam diffuus
Aantal canes/m ²	3.1	3.1	4.0	3.8
Lengte canes (cm)	160	167	170	176
Versgewicht canes (g/m ²)	327	355	354	305
Aantal lateralen/m ²	13.9	14.0	16.9	17.9
Lengte lateralen (cm)	28	22	42	45
Versgewicht lateralen (g/m ²)	236	152	810	620
LAI (m ² /m ²)	3.0	2.5	7.4	7.5
Totaal geproduceerde hoeveelheid drogestof (g/m ²) tijdens de teelt (plant + vrucht)	781	636	1470	1447

Het versgewicht van de canes was bij framboos iets hoger en bij braam juist iets lager onder diffuus glas dan onder helder glas. In aantal lateralen zat er bij framboos geen verschil tussen beide glassoorten, maar ze waren wel langer onder helder glas. Bij beide gewassen was het versgewicht van de lateralen onder diffuus glas fors lager. Framboos had onder diffuus glas een wat lagere LAI dan onder helder glas; bij braam waren er geen verschillen tussen de glassoorten, maar lag de LAI met $7.5 \text{ m}^2/\text{m}^2$ wel erg hoog. Voor een goede productie in de wintermaanden lijkt dit absoluut niet noodzakelijk te zijn en kost ook extra assimilaten. Opvallend is dat er bij braam weinig verschil is in de totaal geproduceerde hoeveelheid drogestof tussen helder en diffuus glas, ondanks een veel hogere productie onder diffuus glas. Het versgewicht van vooral de lateralen is onder diffuus echter fors lager. Een hogere vruchtproductie leek ten koste gegaan te zijn van de groei van de lateralen. Bij framboos is er wel een groot verschil in de hoeveelheid geproduceerde drogestof. Een lagere vruchtproductie en een duidelijk lager versgewicht van de lateralen (+ minder blad) onder diffuus glas was hiervan de oorzaak.

3.10 Lichtbenuttingsefficiëntie

De lichtbenuttingsefficiëntie (LBE) kan worden berekend door de versproductie in g te delen door de totale hoeveelheid PAR-licht tijdens de proefperiode. Bij framboos en braam is deze berekend tot en met de laatste productieweek van deze gewassen, namelijk t/m resp. week 7 en 9 (Tabel 3).

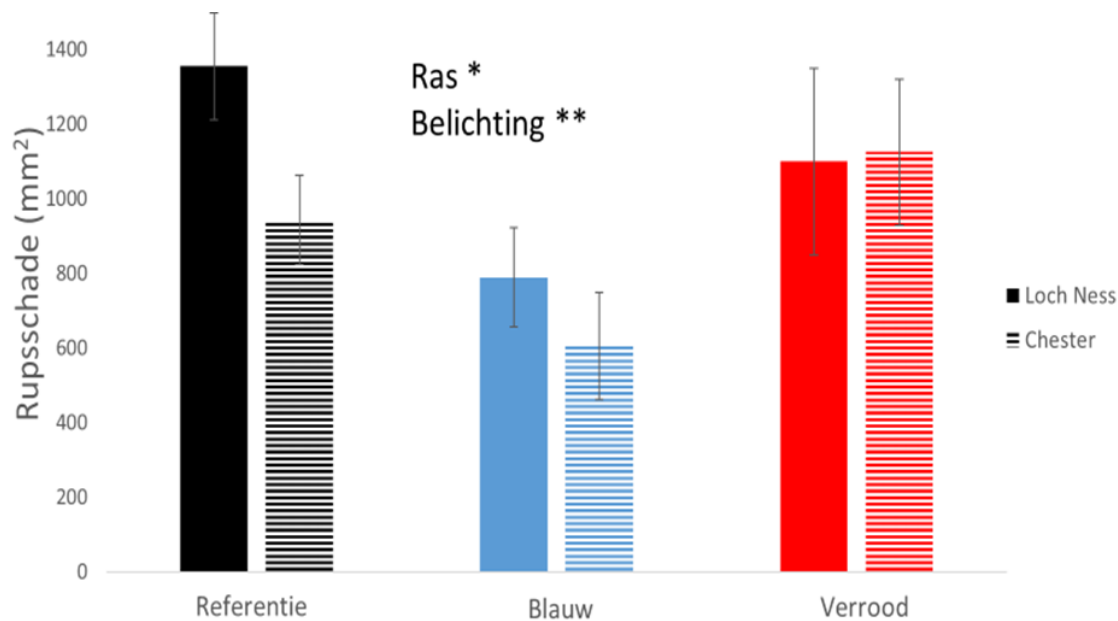
Tabel 3 Totale lichtsom in de kas per gewas en lichtspectrum en de berekende lichtefficiëntie (LBE in g/mol PAR) per behandeling voor de productie van klasse 1 en 2 vruchten bij Kwanza en Loch Ness resp. t/m week 7 en 9.

Behandeling	Totale lichtsom Kwanza (mol/m ²)	LBE Kwanza helder	LBE Kwanza diffuus	Totale lichtsom Loch Ness (mol/m ²)	LBE Loch Ness helder	LBE Loch Ness diffuus
REF	2190	1.24	1.22	2380	3.15	3.38
B	2190	1.17	1.11	2380	2.71	3.55
FR	2010	1.08	1.25	2190	2.65	3.62

Er was een groot verschil in LBE tussen framboos en braam: gemiddeld was de LBE bij framboos en braam resp. 1.18 en 3.18 g/mol PAR-licht. Het effect van het lightspectrum op de LBE varieerde per gewas en glassoort. Onder helder glas was er bij zowel braam als framboos een trend dat deze het laagst was bij FR en het hoogst bij REF. Bij braam onder diffuus glas leek de LBE echter het hoogst bij FR.

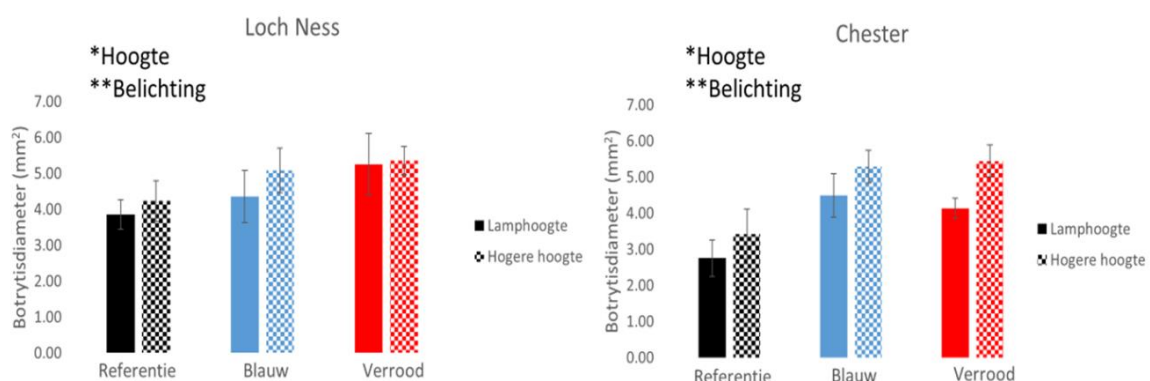
3.11 Weerbaarheid

In Figuur 31 en 32 is de invloed van het lichtspectrum op resp. rups- en botrytisschade weergegeven.



Figuur 31 Vraatschade van bramenbladeren a.g.v. rupsen (weergegeven in mm²) bij de lichtspectrumbehandelingen referentie, blauw en verrood en de rassen Loch Ness en Chester. De significantie is weergegeven als * ($p < 0.05$) en ** ($p < 0.01$).

De behandeling met extra blauw licht verhoogde de weerbaarheid bij beide rassen tegen rupsen: met extra blauw licht was er namelijk minder rupsschade op het blad. Het ras Chester was minder gevoelig voor vraatschade dan Loch Ness, m.u.v. de behandeling met verrood. Waarschijnlijk heeft de reductie in vraatschade bij de behandeling met extra blauw licht te maken met het gemeten hogere totaalgehalte aan fenolen.



Figuur 32 Botrytisschade op braambladeren (weergegeven in mm²) bij de lichtspectrumbehandelingen referentie, blauw en verrood bij de rassen Loch Ness en Chester. De bladeren waren afkomstig van 2 hoogtes in het gewas. Significantie is weergegeven als * ($p < 0.05$) en ** ($p < 0.01$).

Zowel bij Loch Ness als bij Chester trad er bij het referentiespectrum minder schade op het blad op a.g.v. botrytis dan bij de andere behandelingen. De bladeren die vlakbij de tussenbelichting hingen, waren minder door botrytis aangetast dan de bladeren meer bovenin de plant, dus met alleen topbelichting.

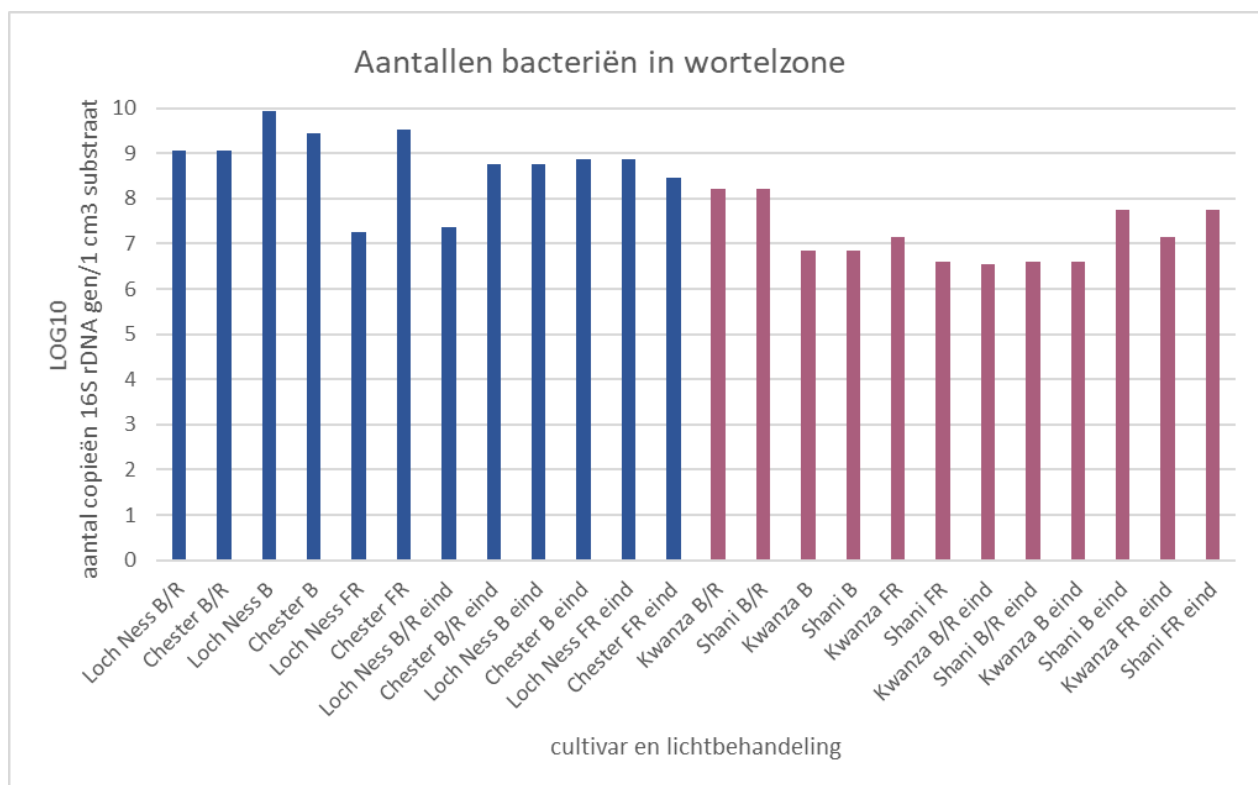
3.12 Microbioom in het wortelmilieu

Micro-organismen spelen een belangrijke rol in de ontwikkeling en het functioneren van de plant. Micro-organismen bevinden zich zowel in het groeimedium (grond), rond de wortels, op bovengrondse plantendelen als zijn binnen plant te vinden. In onderzoek is aangetoond dat er meer dan 30000 verschillende bacteriële soorten aanwezig zijn in 1 g grond. Tot voor kort konden onderzoekers alleen een klein deel van deze soortenrijkdom in het lab kweken (<1%). Ontwikkeling van nieuwe analysetechnieken op basis van moleculaire biologie, heeft een belangrijke rol gespeeld bij het in kaart brengen van microbiële diversiteit in verschillende milieus. Er zijn talloze wetenschappelijke studies over het microbiom van uiteenlopende bodems gepubliceerd. Er is echter tot nu toe weinig bekend over de samenstelling van het microbiom in de wortelzone van de gewassen, die niet in grond, maar in (organisch) substraat geteeld worden.

Dit onderzoek is een eerste verkenning van de biodiversiteit van bacteriën en schimmels in de wortelzone van bramen en frambozen tijdens de teelt in kokos onder glas in combinatie met LED-tussenbelichting met verschillende lichtspectra.

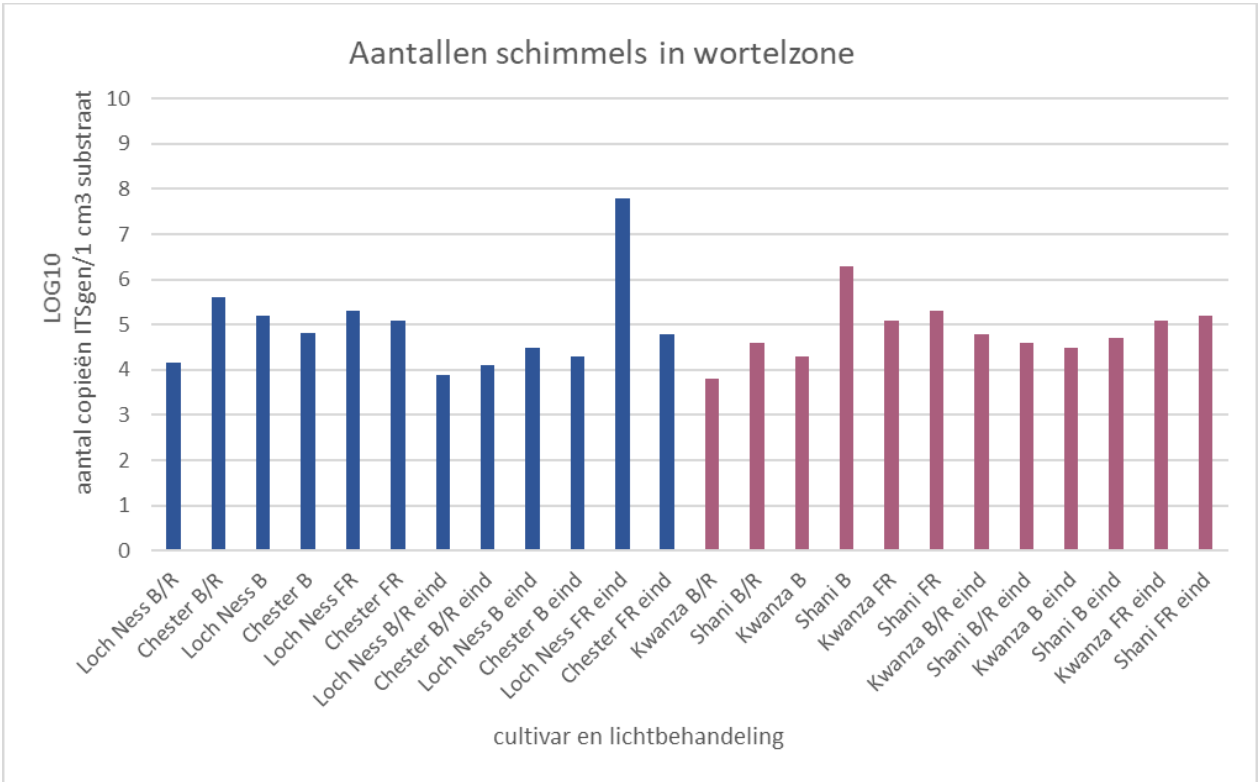
3.12.1 Aantallen bacteriën en schimmels in de wortelzone

De aantallen bacteriën in het substraat namen tijdens de teelt van braam en framboos toe van ongeveer 10^7 kopieën van 16S rDNA gen/g substraat tot tussen de 10^8 - 10^9 kopieën van 16S rDNA gen/g substraat (braam) en 10^6 - 10^8 kopieën van 16S rDNA gen/cm³ substraat. De aantallen bacteriën leken in de latere bemonsteringen redelijk stabiel te blijven. Er zijn geen significante verschillen in aantallen bacteriën in het substraat tussen braam en framboos gevonden (Figuur 33).



Figuur 33 Aanwezigheid van **bacteriën** in mengmonsters van het groeisubstraat van bramen en frambozen (als aantal kopieën van 16S rDA gen/g substraat).

Het aantal gevonden schimmels in het substraat varieerde tussen de 10^4 - 10^8 kopieën van ITS gen/cm³ substraat (Figuur 34). Bij de schimmels is het lastig om een duidelijke groeilijn te zien wat betreft aantallen in het substraat. Dat kan veroorzaakt zijn doordat qPCR misschien niet de meest geschikte methode is om hoeveelheden van schimmelbiomassa in substraat te bestuderen.



Figuur 34 Aanwezigheid van **schimmels** in mengmonsters van het groeisubstraat van bramen en frambozen (als aantal kopieën van 16S rDNA gen/g substraat).

3.12.2 Diversiteit van bacteriën in de wortelzone

Om alle diverse micro-organismen goed te kunnen classificeren, is een taxonomische rangorde ontwikkeld. Een voorbeeld van de taxonomische indeling is te vinden in Tabel 4.

Tabel 4 Taxonomische indeling van de bacteriesoort *Bacillus amyloliquefaciens*.

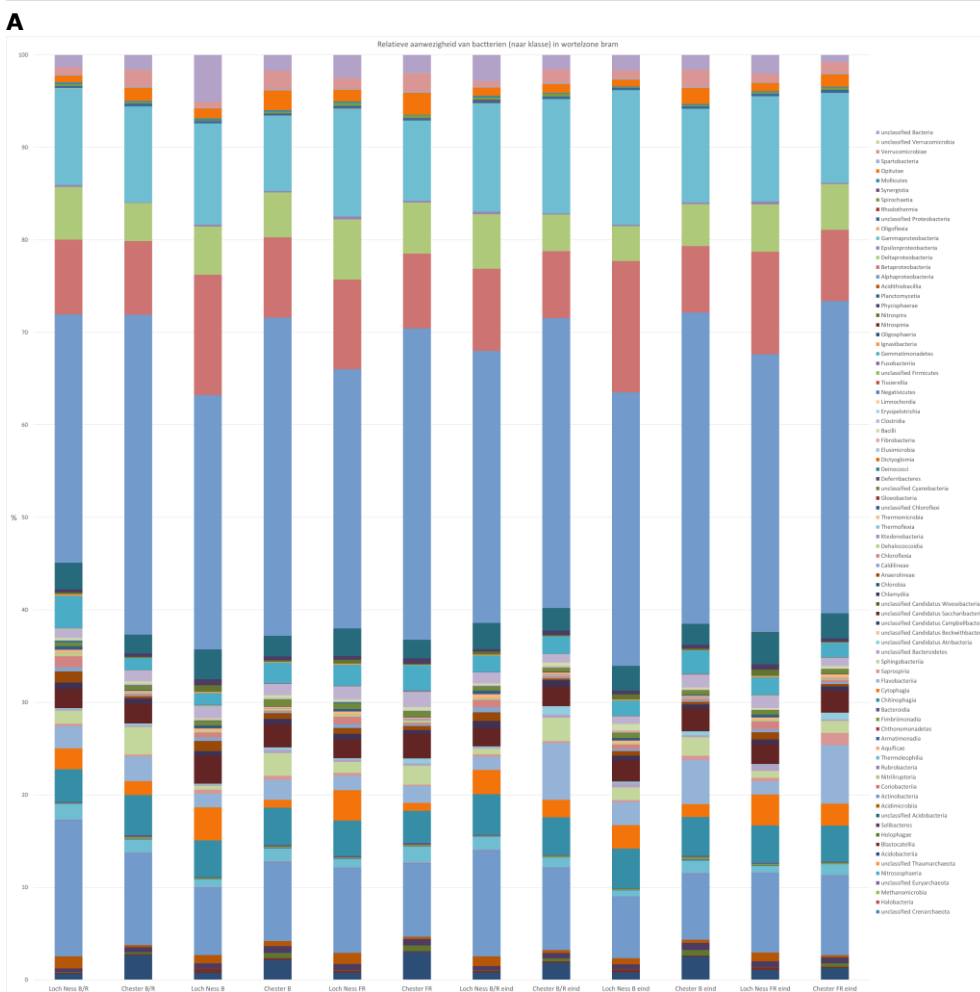
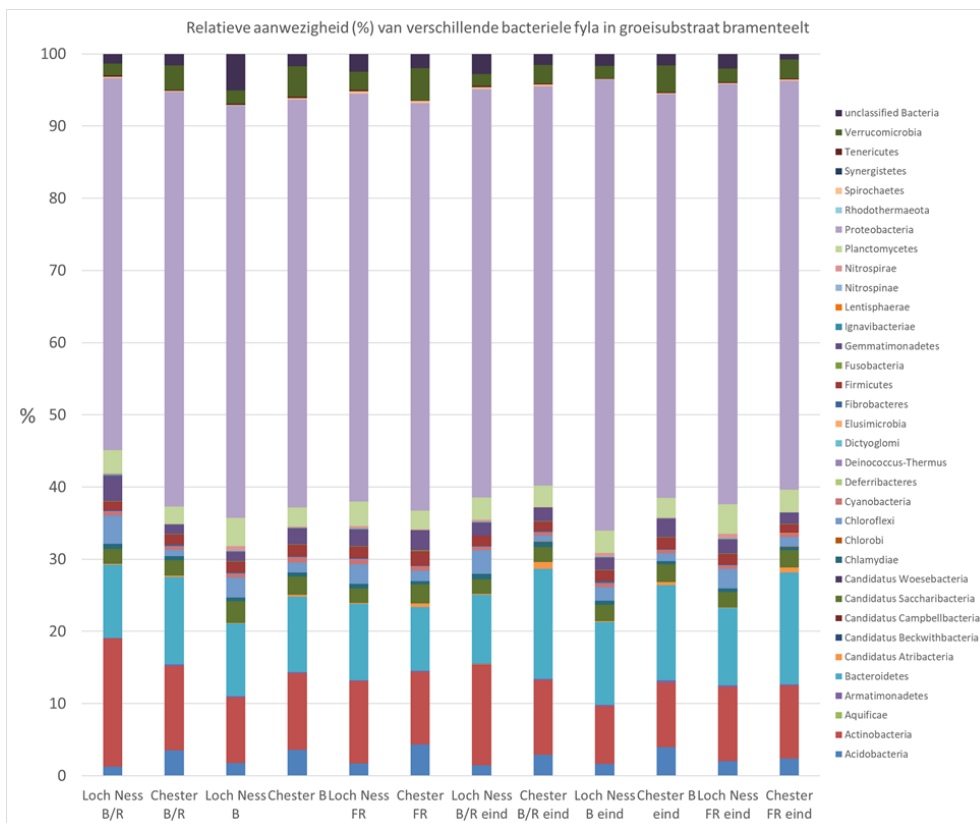
Voorbeeld taxonomie van bacteriën en schimmels	
Stam, fyllum	Firmicutes
Klasse	Bacilli
Orde	Bacillales
Familie	Bacillaceae
Geslacht	Bacillus
Soort	Bacillus amyloliquefaciens

Uit het verkennende onderzoek bleek dat er een verschillend bacterie-microbioom in de wortelzone van zowel bramen als frambozen aanwezig was. Er zijn bacteriën uit 33 verschillende fyta aangetoond (Figuur 35 en Figuur 36A). Het meest voorkomende fyllum was *Proteobacteriën* (op basis van het percentage van de relatieve aanwezigheid in alle sequenties) met meer dan 47% van de sequenties in alle onderzochte monsters (Figuur 35A en 36A), met daarin *Alphaproteobacteriën* als de meest talrijke klasse: tussen 19.5 en 34.6% van alle sequenties. Andere veel voorkomende fyta waren: *Actinobacteriën* (tussen 8.9 en 17.8% van alle sequenties) en *Bacteroidetes* (tussen 4.6 en 15.2% van alle sequenties) (Figuur 35A en 36A). Fyllum *Firmicutes*, die bijv. *Bacillus* bacteriën bevat, was in alle monsters relatief weinig aanwezig (tussen 0.49 en 2.27% van alle sequenties). Fyllum *Acidobacteriën* was in alle monsters aanwezig (>1.2% van de sequenties), maar bij de januaribemonstering leek deze fyllum bij framboos met FR-belichting talrijker te zijn: bij Shani en Kwanza resp. 10.7 en 13.1% van alle sequenties in de wortelzone.

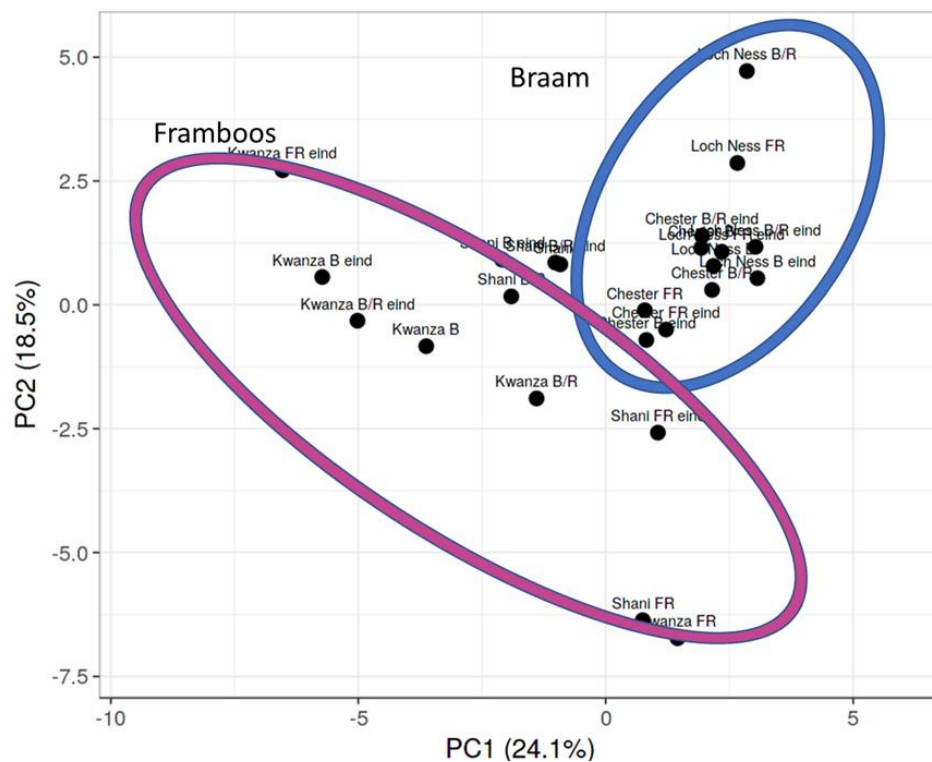
Principale component analyse (PCA) liet zien dat er verschillen waren in diversiteit van het bacterie-microbioom (op fyllumniveau) in de wortelzones van bramen en frambozen (Figuur 37). Dit ondanks het feit dat beide soorten geteeld werden in hetzelfde kokossubstraat.

Bovendien had het ras bij bramen een significant effect op de diversiteit van het bacterie-microbioom, zowel op fyllum- (Figuur 38A) als geslachtsniveau (Figuur 38B). Tussen de frambozencultivars waren de verschillen in diversiteit van het bacterie-microbioom minder significant. Het enige significante verschil was tussen de bacterie-microbiomen van frambozen met extra FR in vergelijking met de andere lichtbehandelingen (Figuur 39).

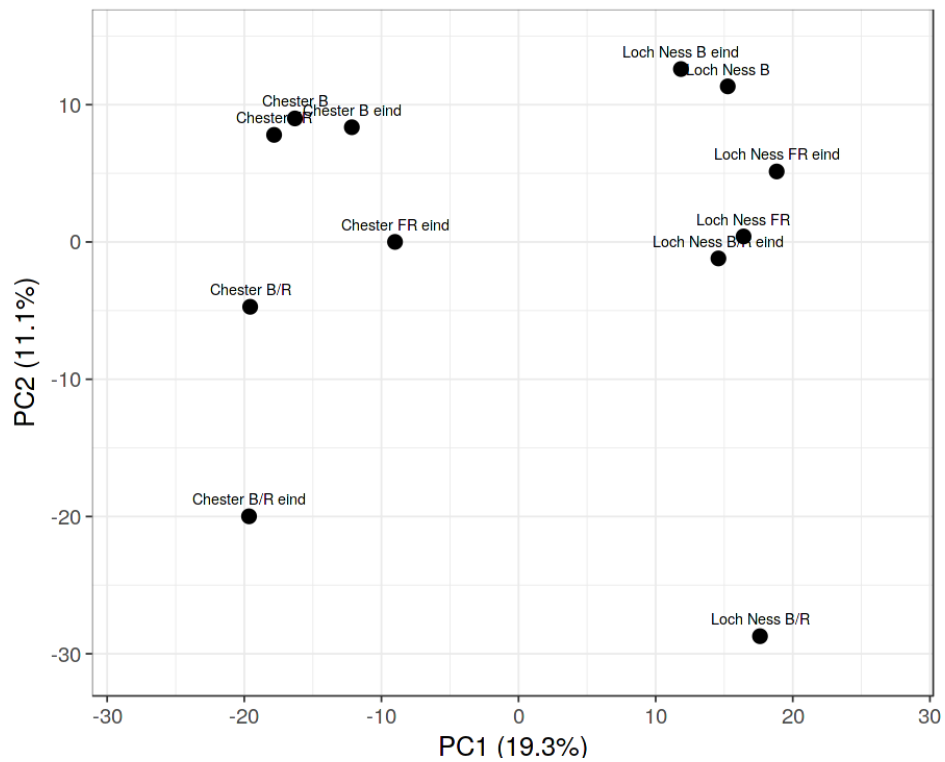
In de monsters van framboos van januari (Figuur 36A en 36B), waren er met FR in vergelijking met andere lichtbehandelingen, verschillen te zien in microbiële diversiteit. De relatieve aanwezigheid van de fyta *Bacteroidetes*, *Chloroflexi*, *Firmicutes*, *Gemmatimonadetes*, *Planctomycetes*, *Candidatus Saccharibacteriën* was in januari bij beide frambozenrassen significant lager met FR dan in de referentie (R/B) en met extra blauw licht (B). De relatieve aanwezigheid van *Proteobacteriën* was in januari echter significant hoger (>60% van alle sequenties) met FR dan bij de andere lichtbehandelingen. Bij framboos was het aandeel van *Gammaproteobacteriën* (klasse van fyllum *Proteobacteriën*) met FR significant hoger, namelijk 28-31% van alle sequenties, ten opzichte van 8.1 tot 18% in de andere lichtbehandelingen.



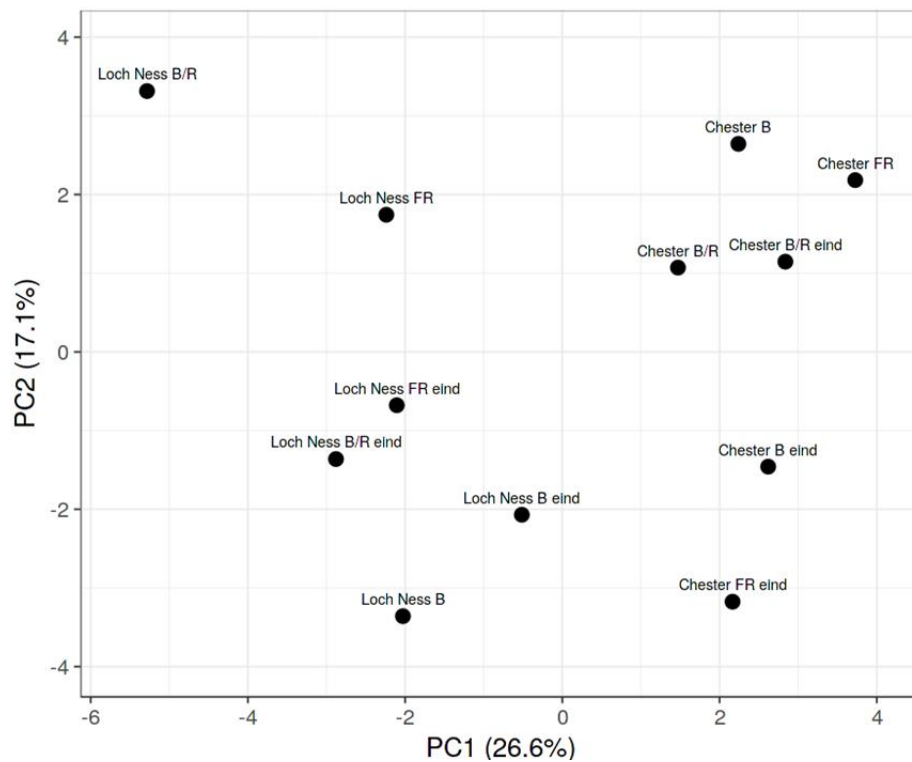
Figuur 35 Relatieve aanwezigheid van de bacteriefyla (A) en bacterieklassen (B) (als % van alle sequenties) in de mengmonsters van het kokossubstraat bij de 2 bramenrassen en de 3 lichtspectra.



Figuur 37 PCA analyse van de microbiomdiversiteit (op fylum niveau) in de wortelzone van bramen- en frambozenrassen bij verschillende lichtbehandelingen.

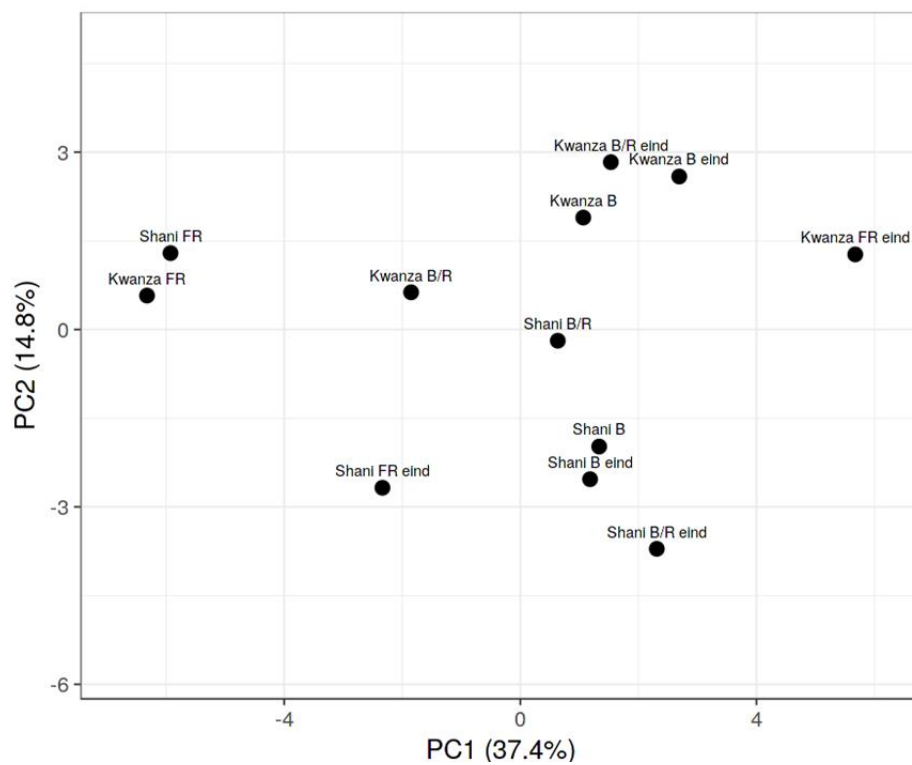


A

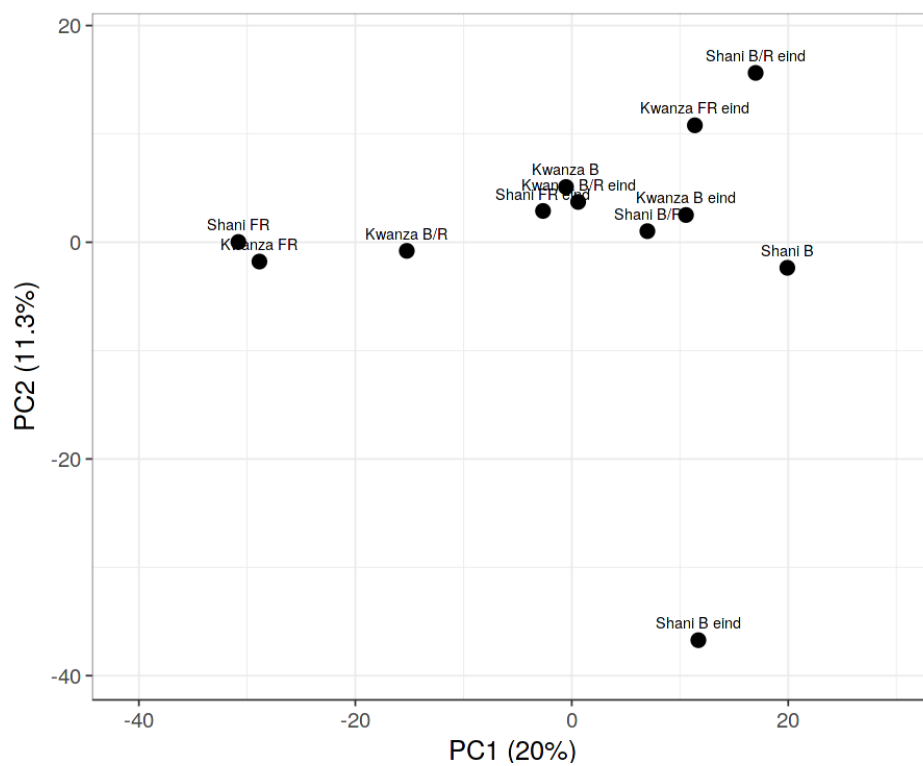


B

Figuur 38 PCA analyse van de bacteriële microbiom-diversiteit in de wortelzone van bramen: A = fylum- niveau en B = genusniveau.



A

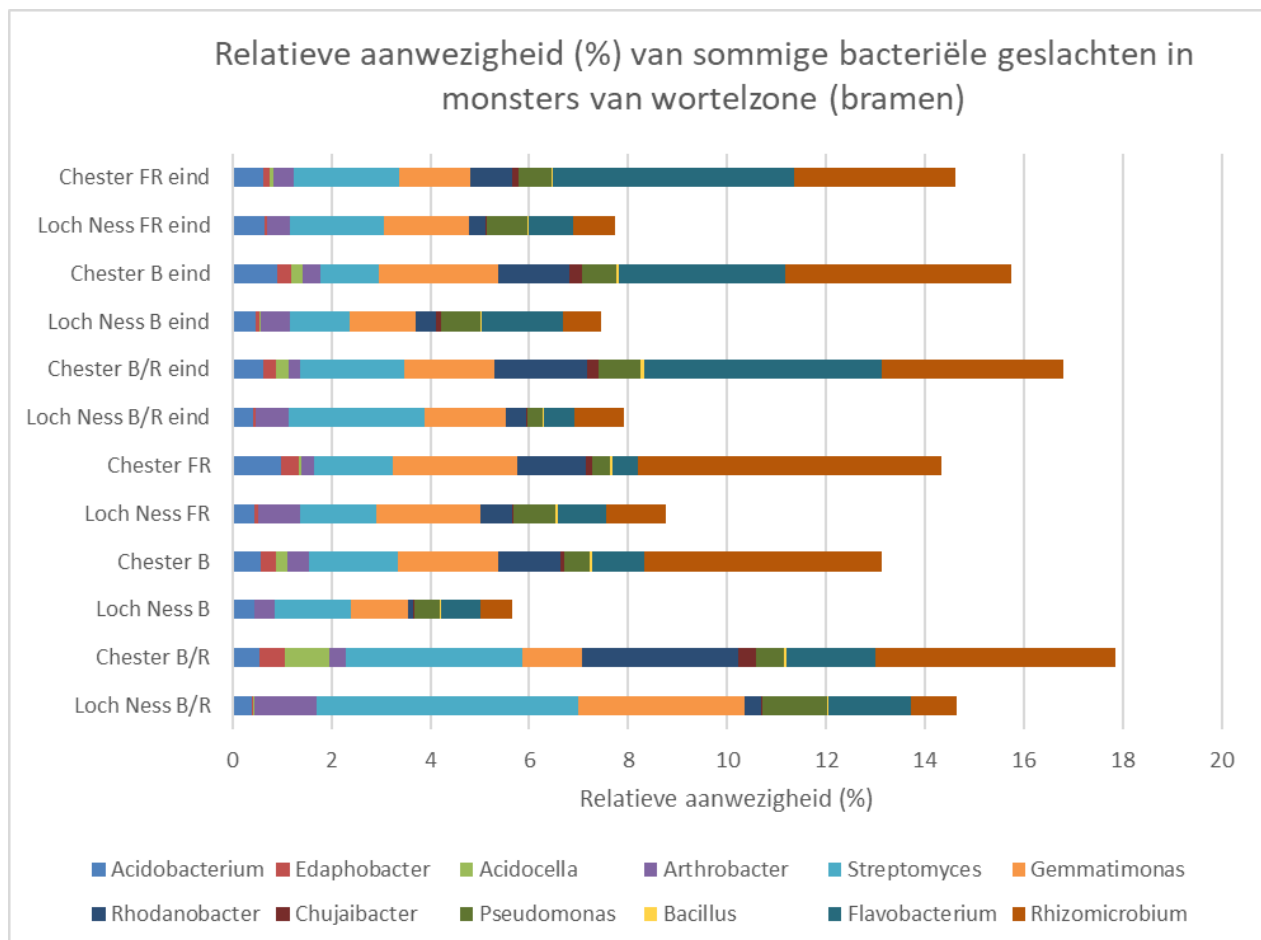


B

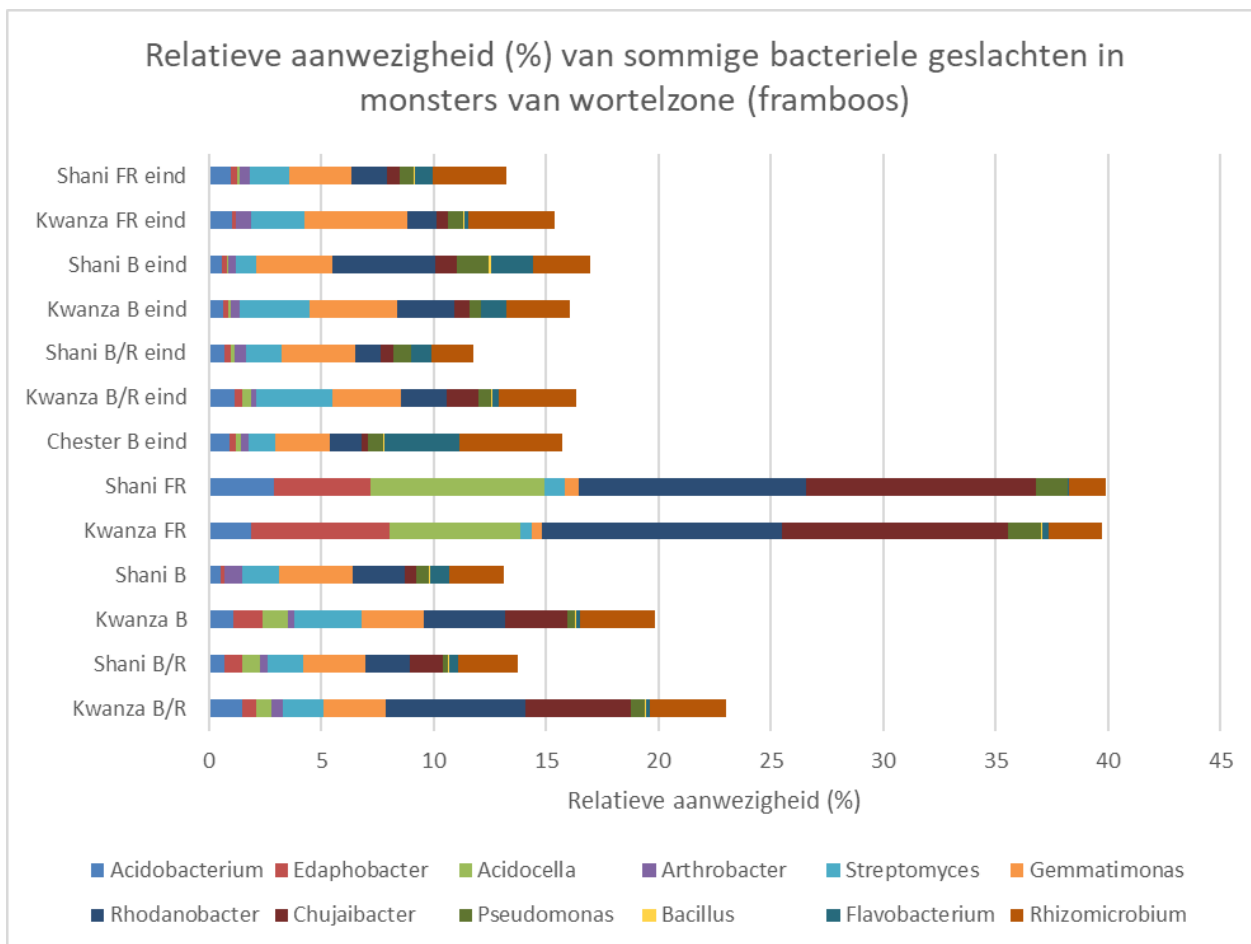
Figuur 39 PCA analyse van de bacteriële microbiom-diversiteit in de wortelzone van frambozen: A = fylum niveau en B = genus niveau.

De verschillen in de diversiteit van het bacterie-microbioom waren ook zichtbaar op lagere taxonomische niveaus (zelfs tot aan soortniveau). Een aantal bacteriegeslachten waren in alle monsters aanwezig en leken dominant te zijn, zowel in de wortelzone van braam als die van framboos (Figuur 40 en 41).

Drie bacteriegeslachten, uit *Acidobacteria* fyllum, namelijk *Acidobacteriën*, *Edaphobacter* en *Acidocella*, waren in alle monsters aanwezig. Deze drie geslachten waren dominant aanwezig bij framboos met FR (bemonstering in januari) met rond 15% van alle bacterie sequenties (Figuur 41). Andere geslachten die in deze monsters goed waren vertegenwoordigd, waren *Rhodanobacter* en *Chujaibacter*, beide uit de gammaproteobacteria klasse. In deze monsters ontbrak het *Arthrobacter* geslacht en bevatten ze significant minder van het *Streptomyces* geslacht, beide uit het *Actinobacteria* fyllum (Figuur 41).



Figuur 40 Relatieve aanwezigheid van gekozen bacteriegeslachten (als % van alle sequenties) in mengmonsters van kokossubstraat bij braam.

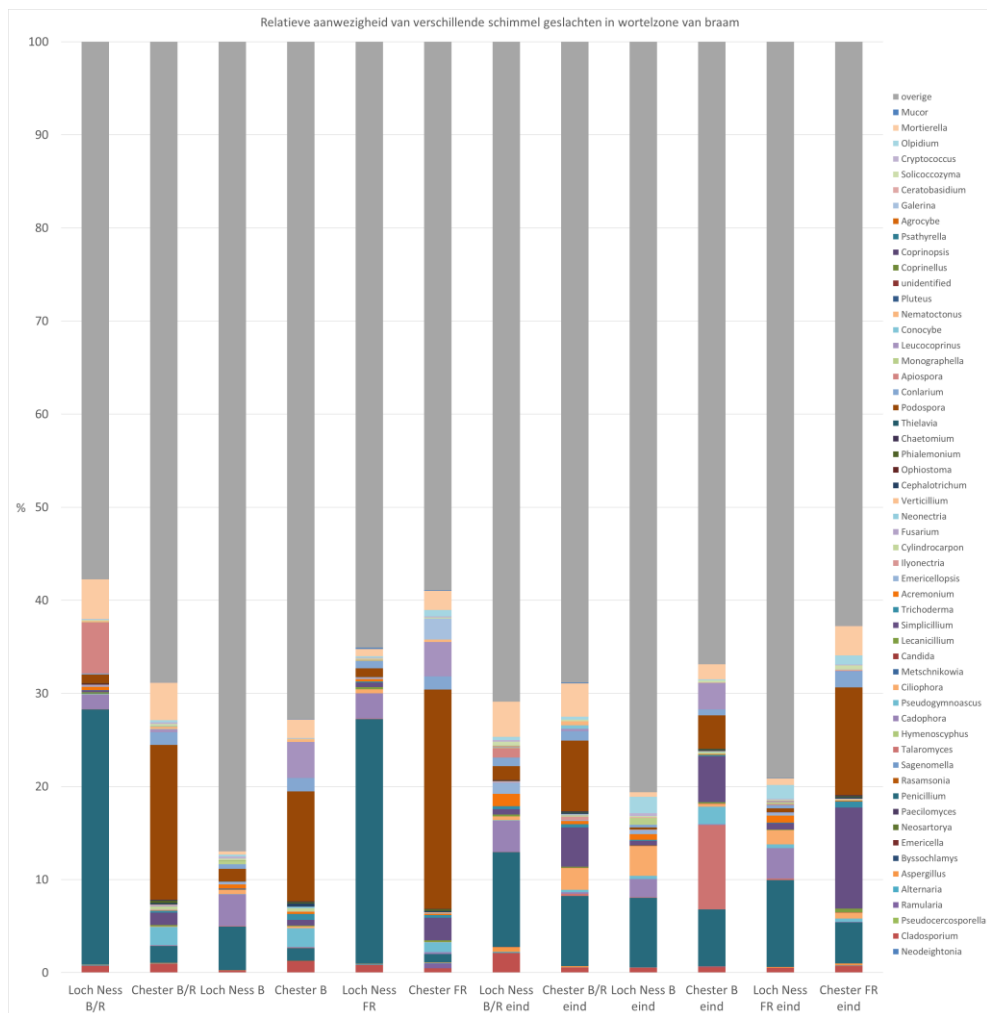


Figuur 41 Relatieve aanwezigheid van gekozen bacteriële geslachten (als % van alle sequenties) in mengmonsters van kokossubstraat bij framboos.

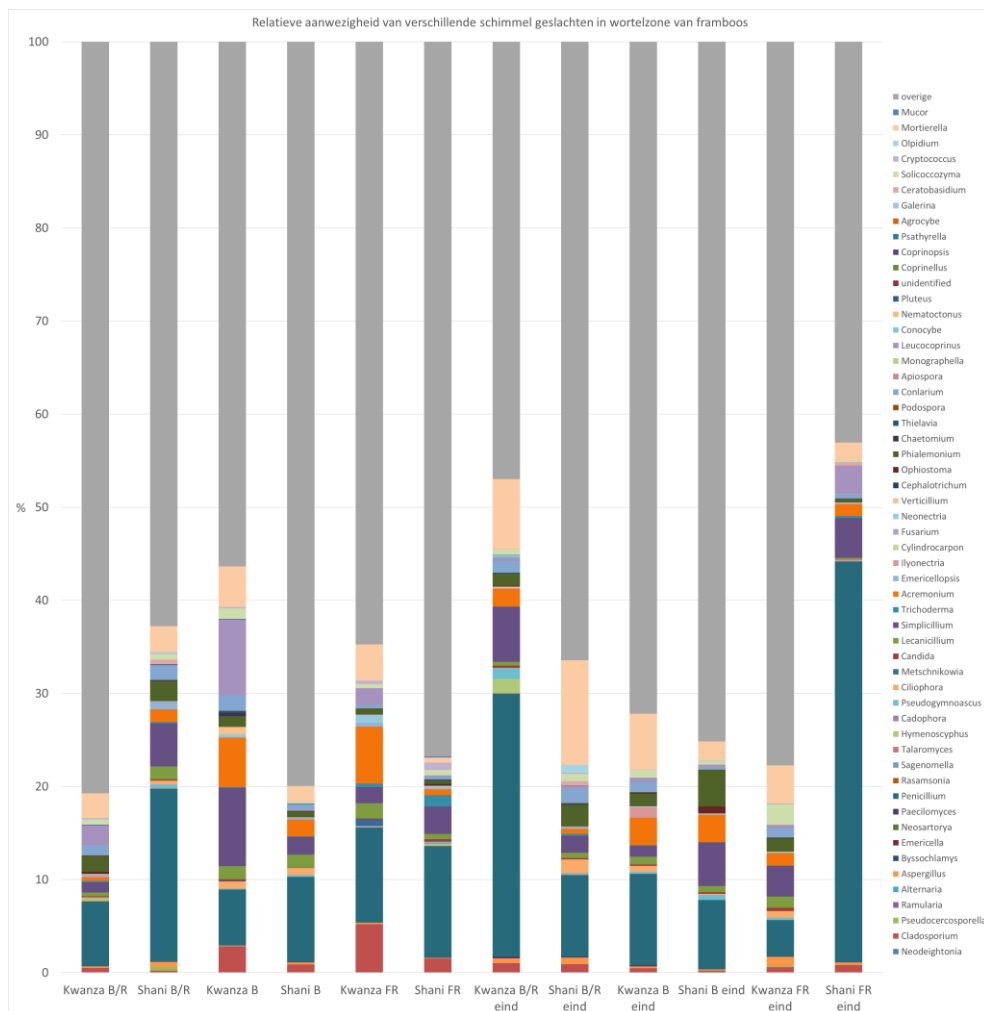
3.12.3 Diversiteit van schimmels in de wortelzone

Veel sequenties in schimmel-NGS (op basis van ITS gen) konden niet goed geïdentificeerd worden. Daarom was de kwaliteit van deze data minder goed dan bij de bacterie-NGS (op basis van 16S gen). In de monsters waren er schimmels van verschillende fyta aanwezig: *Ascomycota*, *Basidiomycota*, *Chytridiomycota*, *Glomeromycota*, *Rozellomycota* en *Zygomycota*.

In de wortelzone van zowel braam als framboos was de schimmel-microbioom (op geslachtsniveau) in de onderzochte monsters minder divers dan de bacterie-microbioom (Figuur 42 en 43).



Figuur 42 Relatieve aanwezigheid van verschillende schimmelgeslachten (als % van alle sequenties) in monsters kokossubstraat bij braam.

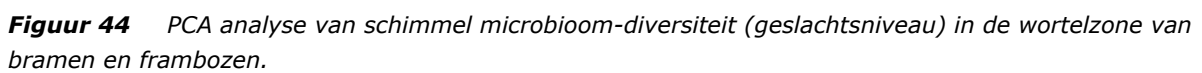


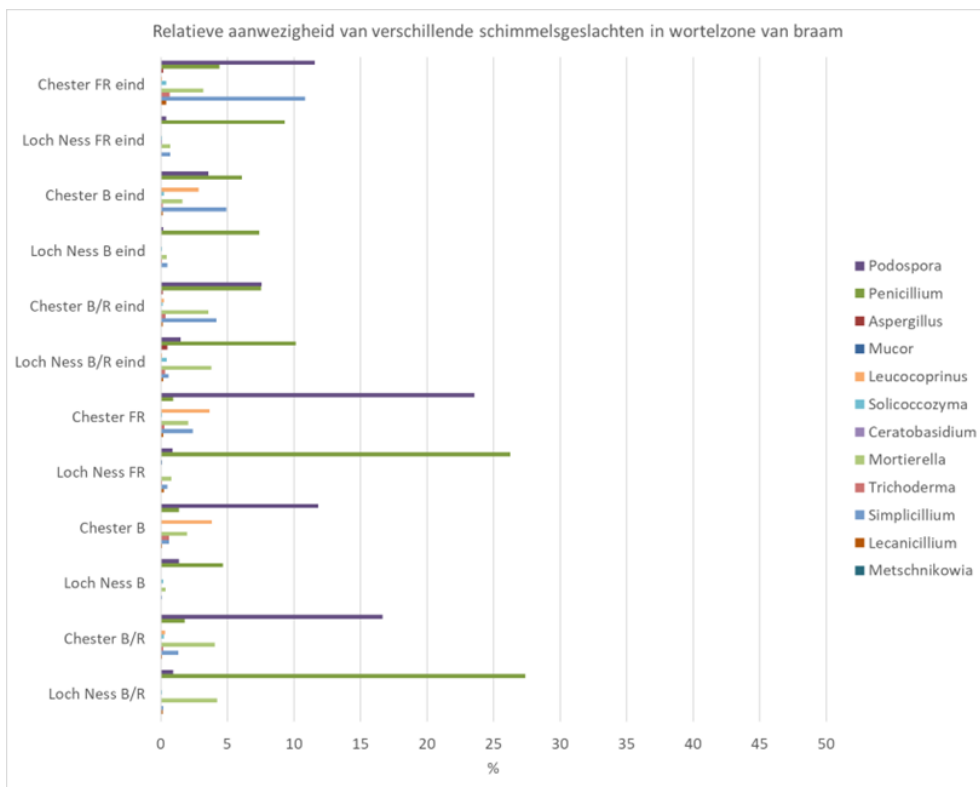
Figuur 43 Relatieve aanwezigheid van verschillende schimmelgeslachten (als % van alle sequenties) in monsters kokossubstraat bij framboos.

De PCA analyse van het schimmel microbiom (Figuur 44) laat zien dat er in de wortelzone verschillen in diversiteit van schimmels waren tussen braam en framboos (geslachtsniveau).

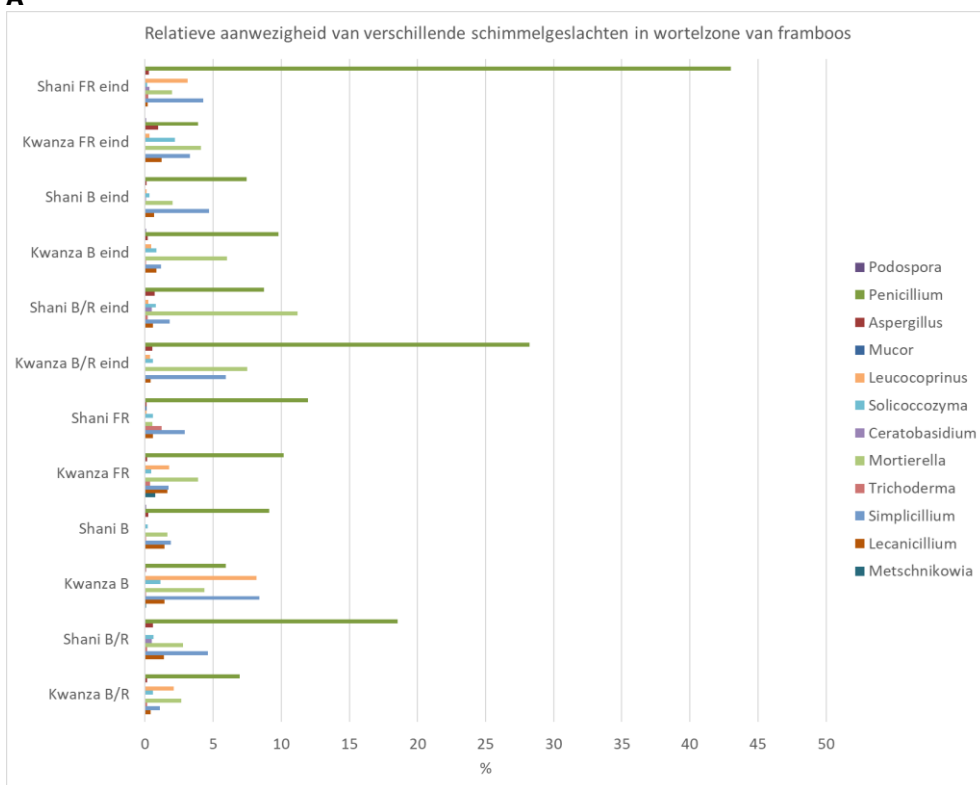
Er zijn een aantal schimmelgeslachten geïdentificeerd die vaak voorkwamen. *Penicillium* is er één van, met een percentage tot 27% sequenties in braam en tot 43% sequenties in framboos (Figuur 45). Andere geslachten die relatief vaak voorkwamen zijn o.a. *Podospora* bij braam, *Mortierella* en *Solicoccozyma*. Saprotrofe schimmels zoals *Leucocoprinus*, die problemen tijdens in de teelt kunnen veroorzaken door verdroging van het groeisubstraat, zijn soms in hoge percentages gevonden tot 8% van alle sequenties in framboos (Figuur 45). Er zijn ook verschillende bekende, nuttige schimmels gevonden, zoals o.a. *Trichoderma* (tot 1,2% van alle sequenties in framboos), entomopathogene *Lecanicillium* en *Simplicillium*.

Er waren echter ook verschillende potentieel plantpathogene schimmels in de monsters aanwezig, o.a. *Cladosporium*, *Cadophora*, *Alternaria*, *Acremonium*, *Fusarium*, *Neonectria*, *Verticillium*, *Cylindrocarpon*, *Oplidium* en *Monographella* (Figuur 46). Bij braam was ook *Cadophora luteo-olivacea* aanwezig, soms meer dan 3% van alle schimmel sequenties. *Neonectria*, *Acremonium* en *Cladosporium* waren bij framboos in hoge relatieve percentages aanwezig (Figuur 46).



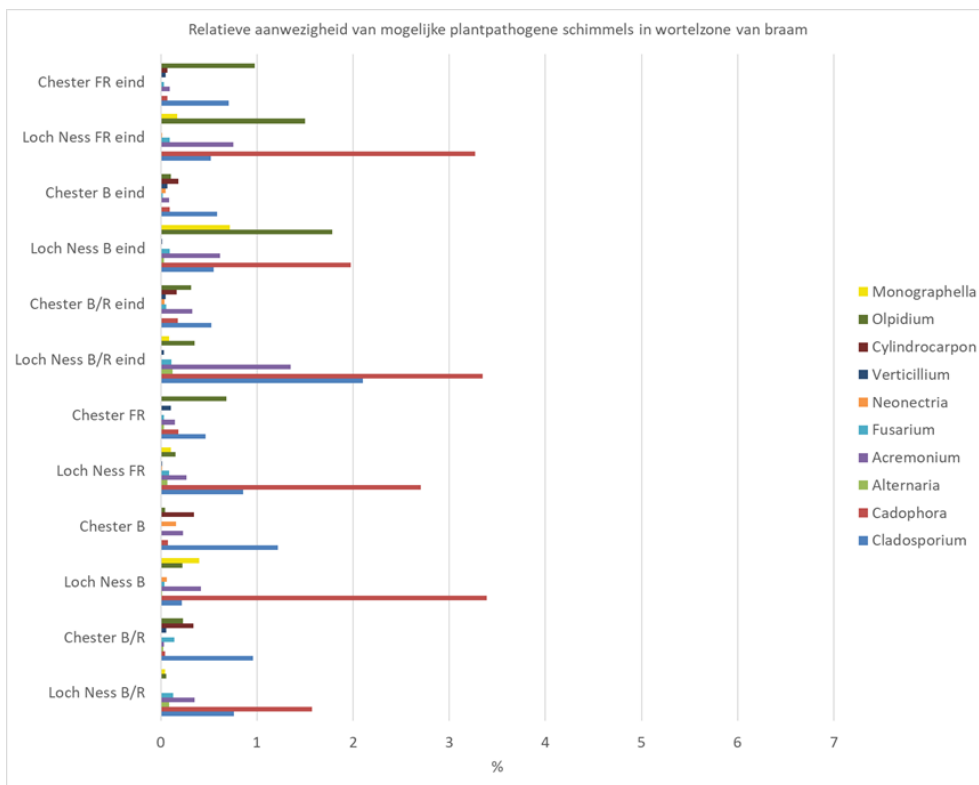


A

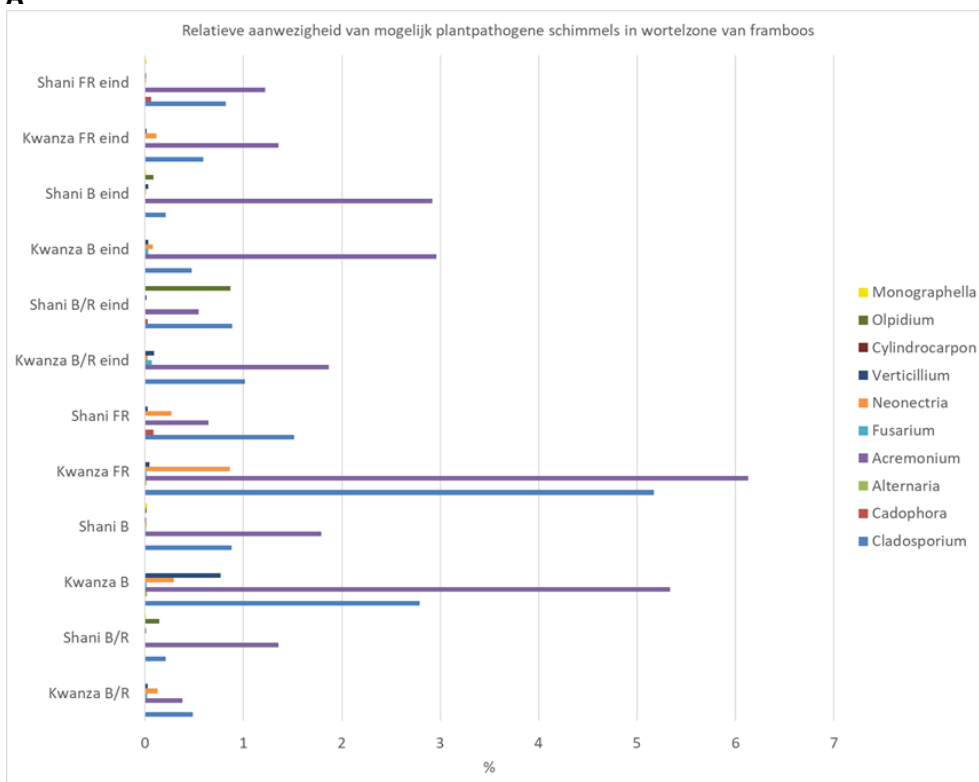


B

Figuur 45 Relatieve aanwezigheid van verschillende schimmelgeslachten (als % van alle sequenties) in kokossubstraat bij braam (A) en framboos (B).



A



B

Figuur 46 Relatieve aanwezigheid van mogelijke schimmel-plantpathogenen (als % van alle sequenties) in kokossubstraat bij braam (A) en framboos (B).

3.12.4 Discussie en conclusies v.w.b. het microbioom in het wortelmilieu

Het gebruik van moleculaire technieken (PCR, qPCR en Next Generation Sequencing-NGS) is nodig om de diversiteit van micro-organismen in de wortelzone van verschillende gewassen onder glas goed te bestuderen. Tot nu toe zijn onderzoekers in staat om minder dan 1% van de bacteriën die aanwezig zijn in milieumonsters, in het lab op een kunstmatig medium te kweken. Daarnaast is kennis van de microbiologie in teeltsubstraten voor glasteelten nog vrij beperkt. Er is al veel informatie beschikbaar over microbiomen van verschillende gronden en effecten van teeltmaatregelen daarop, bijvoorbeeld biologisch telen versus gangbaar (o.a. Reilly *et al.*, 2013; Lupatini *et al.*, 2017), bodemweerbaarheid verhogende maatregelen (o.a. Schlatter *et al.*, 2017) en effecten van biologische bodemontsmetting (o.a. Mazzola *et al.*, 2018). De belangstelling in microbiologie van teeltsubstraten voor de glastuinbouw is de afgelopen 5 jaar wel toegenomen. Er worden daarover dan ook steeds meer data gepubliceerd (bijv. Montagne *et al.*, 2015; de Tender *et al.*, 2019).

In het teeltsubstraat kunnen de aantallen bacteriën sterk variëren en is afhankelijk van het organisch koolstofgehalte dat beschikbaar is voor de microbiële groei (inert versus organisch, veen versus kokos of compost, enz.) (Montagne *et al.*, 2015; Grunert *et al.*, 2016). De plantsoort in combinatie met chemisch-fysische eigenschappen kunnen een duidelijk effect hebben op de microbiële samenstelling (Marschner *et al.*, 2004).

In dit experiment is kokos als teeltsubstraat gebruikt. *Proteobacteriën* fyllum was in alle monsters van braam en framboos het meest dominant. Fyla zoals *Actinobacteriën* en *Acidobacteriën*, die vaak aanwezig zijn in milieus met lage pH zoals veen, waren ook prominent aanwezig. Dat zijn ook de meest belangrijke microbiële groepen die tijdens andere onderzoeken naar verschillende teeltsubstraten op basis van veen gevonden worden (o.a. Montagne *et al.*, 2015; Blaya *et al.*, 2016; Carrasco *et al.*, 2019; de Tender *et al.*, 2019).

Verschillende behandelingen met additionele LED belichting (B/R-blauw/rood; B-extra blauw of FR-verrood) leken geen significant effect op de microbioom-diversiteit te hebben, behalve de januari-bemonstering bij framboos met extra FR. Dat resulteerde in een hogere relatieve aanwezigheid van *Acidobacteriën*, terwijl nuttige micro-organismen zoals *Actinobacteriën* (o.a. *Streptomyces* geslacht) en *Firmicutes* (o.a. *Bacillus* geslacht) juist minder voorkwamen. In deze monsters waren ook mogelijke plantpathogenen in hogere relatieve percentages aanwezig: *Cladosporium* en *Neonectria*, die verwant zijn aan *Fusarium* en *Cylindrocarpum*, die voor framboos ziekteverwekkend kunnen zijn. Ook het geslacht *Acremonium* is aanwezig. Verschillende soorten van dit geslacht kunnen in meloen en watermeloen wortelrot veroorzaken. In de wortelzone van braam zijn significant minder sequenties van deze pathogenen gevonden, terwijl juist sequenties van andere pathogenen voorkwamen, zoals *Ovipodium* en *Cadophora*. Deze waren echter alleen in het ras Loch Ness in hogere relatieve percentages aanwezig. Sequenties in het *Cadophora* geslacht wijzen op de aanwezigheid van de soort *Cadophora luteo-olivacea* in de wortelzone van Loch Ness. *Cadophora luteo-olivacea* is pathogeen voor o.a. peer (Wenneker *et al.*, 2016), kiwi en druif (Travadon *et al.*, 2015).

Interessant is dat er significante verschillen zijn gevonden tussen microbiomen van braam en framboos, maar ook tussen microbiomen van verschillende rassen van braam of framboos (op basis van PCA analyse, op verschillende niveaus, van fyllum tot geslacht). Het is een bekend fenomeen, dat al onderzocht is in o.a. geënte tomaat (Poudel *et al.*, 2019) en rode biet rassen die verschillen in resistentie tegen o.a. *Rhizoctonia* (Wolfgang *et al.*, 2020). Er kunnen dus significante verschillen ontstaan in microbiomen in wortelzone van verschillende rassen van hetzelfde plantsoort, wat gevolgen kan hebben voor o.a. de gevoeligheid van de plant voor ondergrondse ziekten (Wolfgang *et al.*, 2020).

4 Conclusies

- In een winterteelt met braam en framboos met maximaal 18 uur per dag belichten met LEDs ($150 \mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$), was de gemiddeld gerealiseerde etmaaltemperatuur resp. 17.3 en 16.3°C.
- De gerealiseerde RV was bij framboos 6 à 7% hoger dan bij braam. De CO_2 -concentratie kwam uit op ca. 800 ppm.
- Vooral van het frambozenras Kwanza vertoonden de primocanes een vervroegde vergeling, waarvan de oorzaak niet echt kon worden opgehelderd, maar dat ongetwijfeld het productieniveau negatief heeft beïnvloed.
- Het bramenras Loch Ness produceerde onder helder en diffuus glas resp. 6 en 7.8 kg/m^2 , dat is een verschil van 30%.
- Bij framboos was de productie onder diffuus glas echter fors lager dan onder helder glas, wat deels te wijten was aan zettingsproblemen. In de wintermaanden verliep de bestuiving bij dit gewas door zowel hommels als bijen in framboos namelijk moeizaam.
- Zowel bij braam als framboos was de onderlinge plantvariatie erg groot, wat consequenties heeft voor de proefveldgrootte in vervolproeven. Mogelijk mede hierdoor bleef het effect van de lichtspectra op o.a. de productie wat onduidelijk.
- Het ras Kwanza was gevoelig voor gespleten en korrelige vruchten. Shani gaf de hoogste productie, maar dit leek ten koste te gaan van de kwaliteit (smaak, houdbaarheid en drogestofgehalte van de vruchten).
- Loch Ness had een lagere refractie dan Chester, maar een hoger zuurgehalte. Loch Ness was in bewaarproeven 4x zo gevoelig voor rode bolletjes dan Chester.
- De netto-fotosynthese werd, zeker in combinatie met CO_2 , bij beide gewassen sterk positief beïnvloed door de lichtintensiteit.
- De fotosynthese bij braam was ca. de helft van die bij tomaat en afhankelijk van de lichthoeveelheid, 30 tot 90% lager dan bij aardbei. Bij framboos was deze vaak nog lager dan bij braam.
- De procentuele drogestofverdeling over de canes, lateralen, bladeren en vruchten was bij braam (Loch Ness) resp. ca. 3, 18, 25 en 54%. Bij framboos (Kwanza primocanes) was dit resp. 22, 14, 35 en 30%. Bij framboos gingen er dus (relatief gezien) weinig assimilaten naar de vruchten en veel naar de gewasgroei.
- Met een LAI van $7.5 \text{ m}^2/\text{m}^2$ aan het einde van de proef was deze bij braam (Loch Ness) erg hoog. Bij framboos was dit $3.0 \text{ m}^2/\text{m}^2$.
- De berekende lichtbenuttingsefficiëntie (LBE) kwam bij braam en framboos gemiddeld uit op resp. 3.2 en 1.2 g/mol PAR licht. Framboos ging dus veel minder efficiënt met het licht om dan braam.
- Zowel bij braam als framboos leek de LBE onder helder glas met verrood lager dan bij het standaardspectrum of met extra blauw licht. Onder diffuus glas was dit echter niet het geval.
- Blauw licht verhoogde de weerbaarheid tegen rupsen, waarschijnlijk als gevolg van een hoger totaal fenolgehalte in de bladeren. Botrytis trad in een bladtoets het minst op bij het referentiespectrum.
- In substraatmonsters van braam en framboos kwam de *Proteobacterium* fyllum (stam) veel voor. Daarnaast zijn ook relatief veel fylen van *Actinobacteriën* en *Acidobacteriën* aangetoond.
- Over het algemeen is er weinig effect van het lichtspectrum op de samenstelling van het microbiom gevonden.
- Tussen braam en framboos waren er verschillen in microbiom, maar ook tussen rassen van dezelfde houtig zachtfruitsoort. Dit kan tot gevoeligheidsverschillen voor ondergrondse ziekten leiden.

Literatuur

- Carrasco, J., Tello, M.L., de Toro, M., Tkacz, A., Poole, P., Pérez-Clavijo, M., Preston, G. 2019.
Casing microbiome dynamics during button mushroom cultivation: implications for dry and wet bubble diseases. *Microbiology (Reading)*. 165(6):611-624. doi: 10.1099/mic.0.000792. Epub 2019 Apr 17. PMID: 30994437.
- De Tender, C., Mesuere, B., Van der Jeugt, F. *et al.* 2019.
Peat substrate amended with chitin modulates the N-cycle, siderophore and chitinase responses in the lettuce rhizobiome. *Sci Rep* **9**, 9890 <https://doi.org/10.1038/s41598-019-46106-x>
- Grunert, O., Hernandez-Sanabria, E., Vilchez-Vargas, R. *et al.* 2016.
Mineral and organic growing media have distinct community structure, stability and functionality in soilless culture systems. *Sci Rep* **6**: 18837 <https://doi.org/10.1038/srep18837>
- Janse, J., 2016.
Jaarrond duurzame en intensieve aardbeienteelt met minder stroom. Deskstudie naar mogelijkheden besparing op elektriciteit. Rapport GTB-1397, 26 p..
- Janse, J., Jongenelen, B., Heijerman, G., Hoogdalem, M. van, Kempkes, F., Jochems, S., Visser, P. de 2022.
Toekomstbeeld fossielvrij houtig kleinfruit. Een deskstudie Rapport WPR-1148.
<https://doi.org/10.1018174/57076>
- Kerbusch, A., M. Boonen en D. Bylemans, 2015.
Welk effect heeft diffuus glas op bramen? Boerenbond (Management & Techniek no. 4), 27 februari 2015, p. 32-33.
- Lupatini, M., Korthals, G. W., de Hollander, M., Janssens, T. K. S. & Kuramae, E. E. 2017.
Soil Microbiome Is More Heterogeneous in Organic Than in Conventional Farming System. *Front Microbiol* **7**: 460–470, <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.02064>
- Marschner, P., Crowley, D. & Yang, C.H. 2004.
Development of specific rhizosphere bacterial communities in relation to plant species, nutrition and soil type. *Plant and Soil* 261: 199–208. <https://doi.org/10.1023/B:PLSO.0000035569.80747.c5>
- Mazzola, M., Muramoto, J., Shennan, C. 2018.
Anaerobic disinfestation induced changes to the soil microbiome, disease incidence and strawberry fruit yields in California field trials. *Applied Soil Ecology*, 127: 74-86, ISSN 0929-1393,
<https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2018.03.009>.
- Montagne, V., Charpentier, S., Cannavo, P., Capioux, H., Grosbellet, C., Lebeau, T. 2015.
Structure and activity of spontaneous fungal communities in organic substrates used for soilless crops, *Scientia Horticulturae*, Volume 192: 148-157
- Poudel, R., Jumpponen, A., Kennelly, M.M., Rivard, C.L., Gomez-Montano, L., Garrett, K.A. 2019.
Rootstocks Shape the Rhizobiome: Rhizosphere and Endosphere Bacterial Communities in the Grafted Tomato System. *Appl Environ Microbiol*. 85(2):e01765-18. doi: 10.1128/AEM.01765-18. PMID: 30413478; PMCID: PMC6328775.
- Reilly, K., Cullen, E., Lola-Luz, T., Stone, D., Valverde, J., Gaffney, M., Brunton, N., Grant, J. and Griffiths, B.S. 2013.
Effect of organic, conventional and mixed cultivation practices on soil microbial community structure and nematode abundance in a cultivated onion crop. *J. Sci. Food Agric.*, 93: 3700-3709. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6206>
- Schlatter, D., Kinkel, L., Thomashow, L., Weller, D., Paulitz, T. 2017.
Disease Suppressive Soils: New Insights from the Soil Microbiome. *Phytopathology*. 107(11):1284-1297. doi: 10.1094/PHYTO-03-17-0111-RVW. Epub 2017 Sep 20. PMID: 28650266.
- Travadon, R., Lawrence, D.P., Rooney-Latham, S., Gubler, W.D., Wilcox, W.F., Rolshausen, P. E., Baumgartner, K. 2015.
Cadophora species associated with wood-decay of grapevine in North America, *Fungal Biology*, 1: 53-66,
<https://doi.org/10.1016/j.funbio.2014.11.002>.

-
- Wenneker, M., Pham, K. T. K., Lemmers, M. E. C., de Boer, F. A., van Leeuwen, P. J., Hollinger, T. C., Groenenboom-de Haas, B. H., Köhl, J. 2016.
Disease Notes <https://doi.org/10.1094/PDIS-02-16-0212-PDN>
- Wolfgang, A., Zachow, C., Müller, H., Grand, A., Temme, N., Tilcher, R., Berg, G. 2020.
Understanding the Impact of Cultivar, Seed Origin, and Substrate on Bacterial Diversity of the Sugar Beet Rhizosphere and Suppression of Soil-Borne Pathogens. *Frontiers in Plant Science*, 11: 1450

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



Wageningen University & Research,
BU Glastuinbouw
Postbus 20
2665 ZG Bleiswijk
Violierenweg 1
2665 MV Bleiswijk
T +31 (0)317 48 56 06
www.wur.nl/glastuinbouw

Rapport WPR-1219

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 7.200 medewerkers (6.400 fte) en 13.200 studenten en ruim 150.000 Leven Lang Leren-deelnemers behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.