

GEÏNTEGREERDE BEHEERSING VAN ECHTE MEELDAUW (*PODOSPHAERA APHANIS*) IN DE AARDBEIENTEELT

Maarten Hofkens

Studentennummer: 01511517

Promotor(en): Prof. dr. Ir. Marie-Christine Van Labeke

Tutor: ir. Peter Melis

Masterproef voorgelegd voor het behalen van de graad in Master of Science in de
biowetenschappen: land- en tuinbouwkunde - afstudeerrichting tropische plantaardige productie

Academiejaar: 2019 - 2020

De auteur en de promotor geven de toelating deze masterproef voor consultatie beschikbaar te stellen en delen van de masterproef te kopiëren voor persoonlijk gebruik. Elk ander gebruik valt onder de beperkingen van het auteursrecht, in het bijzonder met betrekking tot de verplichting de bron uitdrukkelijk te vermelden bij het aanhalen van resultaten uit de masterproef.

The author and the promotor give permission to use this thesis for consultation and to copy parts of it for personal use. Every other use is subject to the copyright laws, more specifically the source must be extensively specified when using results from this thesis.

Gent, Januari 2020

De promotor

De auteur

Dankwoord

Na een periode van acht maanden leg ik nu de laatste hand aan deze masterproef. Het was een zeer aangename en leerrijke periode waarin ik veel nieuwe inzichten heb verworven. Natuurlijk stond ik er deze acht maanden lang niet alleen voor. Er waren een aantal personen zeer nauw betrokken bij de uitvoering en schrijven van deze masterproef die ik in volgende uiteenzetting graag zou willen bedanken.

Eerst en vooral zou ik het Proefcentrum Hoogstraten willen bedanken om mij deze kans te geven om in een praktijkgerichte omgeving deze masterproef uit te voeren. Ook wil ik deze instelling bedanken voor het beschikbaar stellen van de gegevens van voorafgaande proeven.

Als volgt zou ik Peter Melis willen bedanken. Met zijn deskundige uitleg was ik meteen mee in het grotere verhaal van deze proef. Hij werkt al zoveel jaren als onderzoeker in de aardbeienteelt, waardoor ik niet alleen veel kennis heb opgedaan over de bestrijding van meeldauw maar ook over meerdere aspecten van de teelt. Zijn enthousiasme en uitleg werkte aanstekelijk wat het uitvoeren van de proef zeer aangenaam maakte. Ook was hij altijd bereikbaar voor vragen of wanneer er problemen waren met de robot. Tegelijk zou dan ook Stef Laurijssen willen bedanken voor het mee opvolgen van de proeven en de controle naar meeldauwaantasting. Daarnaast zou ik ook het bedrijf Octinion willen bedanken voor het ontwikkelen van de robot en het verhelpen van de technische problemen indien deze zich voordeden.

Als laatste wil ik Marie-Christine Van Labeke bedanken. Ze was altijd bereid om mij te helpen en om vragen te beantwoorden. Met haar ervaring in de tuinbouw had ze altijd een vakkundige uitleg klaar. Ook was ze altijd bereid om het document te controleren en bij te sturen waar nodig. Het is een zeer aangename samenwerking geweest waarin ik zeer goed begeleid werd.

Abstract

In dit onderzoek werden verschillende gewasbeschermingschema's getest om te bepalen welke het beste echte meeldauw bij aardbei onder controle houdt. Er werd gebruik gemaakt van gangbare fungiciden en van de UV-C technologie. Tevens werd er ook gekeken naar de invloed van het UV-C licht op het aantal roofmijten en spintmijten op de aardbeiplanten.

In de eerste proef werden enkel fungiciden toegepast. Schema's die enkel biologische fungiciden bevatten, haalden op het einde van de teelt een ziekte index van 16,5% en 14,7%. Beide schema's blijken onvoldoende om echte meeldauw voldoende te bestrijden. Daarnaast werden vier schema's opgenomen met twee chemische behandelingen voor oogst aangevuld met biologische fungiciden. Deze schema's bezaten een gelijke werking met een ziekte index tussen 7,2% tot 8,5%. Ook werd er een volledig chemisch schema opgenomen . Deze haalde de laagste ziekte index van 2,8%.

In de tweede proef werden verschillende dosissen en frequenties van UV-C licht gecombineerd met biologische fungiciden. De beste resultaten werden behaald wanneer de planten drie keer per week belicht werden met een dosis van 110J/m^2 na schemering. Deze behandeling zorgde voor een ziekte index van 9%. Het toevoegen van Karma in de oogstperiode zorgt echter voor een verlaging van de ziekte index naar 4,5%. Het belichten met UV-C licht heeft een negatieve invloed op het aantal roofmijten. Dit aantal wordt verlaagd van 1,2 roofmijten per blad voor de onbehandelde controle naar 0,75 voor de objecten belicht met $3 \times 110\text{J/m}^2$. Ook de ziekte index veroorzaakt door spintmijten daalde van 21,6% voor de onbehandelde naar 1,8% voor objecten behandeld met $3 \times 110\text{ J/m}^2$ UV-C licht.

Kernwoorden: echte meeldauw, witziekte, *P. aphanis*, IPM, UV-C belichting, fungiciden, roofmijten, spint, aardbeien

Inhoudstafel

Dankwoord	5
Abstract	7
Inhoudstafel	9
Lijst met figuren	13
1 Inleiding.....	15
1.1 Probleemstelling.....	15
1.2 Doelstelling.....	15
2 Podosphaera aphanis.....	16
2.1 Classificatie en levenscyclus	16
2.2 Klimaatsfactoren en ziektedruk.....	17
3 Problematiek van de ziektebestrijding.....	19
3.1 Symptomen en economische schade	19
3.2 Fungicide-residuen	20
4 Beheersing van echte meeldauw bij aardbei	21
4.1 Chemische bestrijding	21
4.1.1 Candid.....	21
4.1.2 Signum	22
4.1.3 Flint	22
4.1.4 Topaz	23
4.1.5 Luna sensation	23
4.1.6 Systhane	23
4.1.7 Takumi	23
4.1.8 Resistentie management.....	24
4.2 Biologische bestrijding.....	25
4.2.1 Vacciplant.....	25
4.2.2 Fytosave.....	25
4.2.3 Romeo.....	25
4.2.4 Karma.....	25
5 Potentieel van UV-C.....	26
5.1 Dosis en golflengte.....	27
5.2 Dag versus nachtbehandeling	29

5.3	Resistentieontwikkeling voor UV-C.....	30
5.4	Neveneffecten van UV-C licht.....	31
5.4.1	Botrytis	31
5.4.2	Anthracoze	32
5.4.3	Spint.....	32
5.4.4	Bladluis.....	33
5.4.5	Trips	33
5.4.6	Roofmijten en roofwantsen	34
6	Materiaal en Methodes.....	35
6.1	Plantmateriaal en teeltomstandigheden.....	35
6.2	Proefopzet.....	36
6.2.1	Proef 1.....	36
6.2.2	Proef 2.....	36
6.2.2.1	UV-C dosis en robot	36
6.3	Waarnemingen	37
6.3.1	Meeldauw.....	37
6.3.2	Spint en roofmijten.....	38
6.3.3	Proefopstelling en behandelingsschema	39
6.4	Statistische verwerking.....	41
7	Resultaten en bespreking	42
7.1	Proef 1 – Effect van verschillende IPM en biologische bestrijdingstechnieken.....	42
7.1.1	Effect op de ontwikkeling van de meeldauwaantasting	42
7.1.2	Effect op de productie en vruchtsortering	46
7.2	Proef 2 – Effect van verschillende bestrijdingstechnieken, gecombineerd met UV-C.....	47
7.2.1	Effect op de meeldauwontwikkeling.....	47
7.2.2	Effect op productie en vruchtsortering	51
7.2.3	Invloed van UV-C licht op spint.....	52
7.2.4	Invloed van UV-C licht op roofmijten.....	53
8	Discussie.....	54
8.1	Productie en vruchtsortering.....	54
8.2	Welke schema's hebben de beste werking tegen echte meeldauw	54
8.3	Reductie van residuen op de vruchten	55
8.4	Frequentie boven dosis bij UV-C	55

8.5	Resistentie door UV-C?	55
8.6	Toegevoegde waarde van Vacciplant, Romeo en Fytosave	56
8.7	Toepassing van UV-C in een IPM systeem	56
9	Besluit	57
10	Bibliografie	59

Lijst met figuren

Figuur 1: Schematische voorstelling van de voortplantingscyclus van echte meeldauw	16
Figuur 2: Wekelijkse aantasting van meeldauw van 9 mei tot 12 augustus.	18
Figuur 3: schimmelpluis van <i>P. aphanis</i> bovenop het blad.	19
Figuur 4: Aangetroffen residuen op aardbeien.	20
Figuur 5: Voorbeeld van een chemisch behandelingsschema voor junidragers.	24
Figuur 6: Vorming van pyrimidine dimeren CDP en 6,4-PP.	26
Figuur 7: Effect van verschillende UV-golflengten en dosissen op de conidia kieming van <i>Oidium neolycopersici</i>	27
Figuur 8: Schade aan het gewas door behandeling met hoge dosis UV- licht.	28
Figuur 9 en 10: Ziekte index, productie en sortering bij het toedienden van verschillende dosissen UV-C licht tijdens de dagfase.	28
Figuur 11: Invloed van een donkere periode na blootstelling aan UV-C licht op de kieming van Conidia (<i>O. neolycopersici</i>).	29
Figuur 12: Effect van toenemende dosissen UV-C licht, toegediend tijdens de dag of nachtfase, op de meeldauwontwikkeling bij aardbei.	30
Figuur 13: Verschil in spintaantasting tussen planten behandeld met UV-C licht en onbehandelde planten.	32
Figuur 14: Spintaantasting na behandelen met een dosis van 30, 60, 120 en 200 J/m ² , ook wordt er een onderscheid gemaakt tussen een behandeling s' nachts en overdag.	33
Figuur 15: Aantal roofmijten per blad na toedienden verschillende dosissen UV-C licht.	34
Figuur 16: Verloop van de temperatuur en relatieve vochtigheid vanaf het uitplanten tot het einde van de oogst.	35
Figuur 17: Schematische voorstelling voor het toedienden van de UV-C dosis en gegeven dosissen per hoogte	37
Figuur 18: Proefopstelling proef 1 en 2.	39
Figuur 19: Proef 1 - Verloop van de aantasting door meeldauw op Elsanta.	43
Figuur 20: Proef 1 - Verloop van de ziekte index op Elsanta voor meeldauw.	44
Figuur 21: Proef 1 - Werkingsgraad van de verschillende behandelingen op Elsanta tegen meeldauw.	45
Figuur 22: Proef 1 - Invloed van de behandelingen op de productie en sortering op Elsanta.	46
Figuur 23: Proef 2 - Verloop van de aantasting door meeldauw op Elsanta.	48
Figuur 24: Proef 2 - Verloop van de ziekte index voor meeldauw op Elsanta.	49
Figuur 25: Proef 2 - Werkingsgraad van de verschillende behandelingen op Elsanta tegen meeldauw	50
Figuur 26: Proef 2 - Invloed van de behandelingen op de productie en sortering voor Elsanta.	51
Figuur 27: Proef 2 – Spintaantasting op Elsanta voor verschillende UV-C dosissen.	52
Figuur 28: Proef 2 - Ziekte index op Elsanta voor spintaantasting.	52
Figuur 29: Proef 2 - Invloed van UV-C licht op het aantal roofmijten per bladschijf.	53
Figuur 30: Invloed van UV-C licht op het gemiddelde aantal roofmijten per bladschijf.	53
Figuur 31: Werkingsgraad van de verschillende behandelingen op Elsanta tegen meeldauw.	54

Lijst met tabellen

Tabel 1: Overzicht van de erkende fungiciden in de aardbeiteelt	24
Tabel 2: Voedingsoplossing toegediend tijdens 2 fenologische stadia van de teelt.	35
Tabel 3: Behandelingschema voor proef 1 en 2.	40
Tabel 4: Productie en vruchtsortering voor proef 1.....	46
Tabel 5: Productie en vruchtsortering voor proef 2.....	51

1 Inleiding

1.1 Probleemstelling

Aantasting van aardbeiplanten door *Podosphaera aphanis* (witziekte of echte meeldauw) kan zorgen voor een groot inkomensverlies voor de teler. De schimmel heeft een korte voortplantingscyclus, daardoor is een frequente en langdurige behandeling noodzakelijk. In de praktijk betekent dit dat de teler genoodzaakt is om iedere week een preventieve behandeling uit te voeren, dit direct na het aanplanten en tot in de oogstperiode. Dit heeft als gevolg dat op aardbeien veelal fungicide residuen worden teruggevonden. Gemiddeld worden er zes verschillende soorten residuen teruggevonden waarvan er gemiddeld drie afkomstig zijn ter bestrijding van echte meeldauw. De laatste jaren leggen de winkelketens hun eigen bovenwettelijke normen naar deze residuen op aan de telers. Om in de toekomst hier aan te blijven voldoen gaat het gebruik van chemische middelen verder moeten worden gereduceerd.

Anderzijds zijn deze chemische middelen nog steeds noodzakelijk voor een adequate aanpak van meeldauw. Door het veelvuldig gebruik van dezelfde actieve middelen wordt resistentie opgebouwd. Ook verdwijnen steeds meer actieve stoffen door de strengere erkenningseisen. Zo is recent de toelating van de actieve stof quinoxifen (Fortress) in de aardbeien teelt niet meer verlengd. Verder is het een zeer tijdsrovend en duur proces om nieuwe middelen te ontwikkelen en om hiervoor een toelating te krijgen. Dit maakt dat in de toekomst ongeveer dezelfde middelen gebruikt zullen worden. Deze middelen blijven noodzakelijk om correcties toe te passen bij een hoge ziektedruk. Om het risico op resistentie zo laag mogelijk te houden zullen erkende chemische middelen moeten worden afgewisseld met niet-chemische alternatieven. Naast biologische middelen kan UV licht één van deze alternatieven worden. Deze techniek zou in de toekomst voor een doorbraak kunnen zorgen in de bestrijding van echte meeldauw maar staat momenteel nog in zijn kinderschoenen en heeft mogelijks een aantal neveneffecten. Naast het directe afdodende effect op tal van andere ziekten en plagen, kunnen ook de nuttige insecten worden afgedood. Hierdoor kan deze techniek mogelijks niet toegepast worden in een IPM systeem. Daarnaast is er ook een financieel luik. Voor de behandeling van meeldauw met UV licht is een behandeling meerdere malen per week vereist. Behandelingen worden uitgevoerd door een UV robot, en voor grote oppervlakten zijn er mogelijks meerdere robots nodig.

1.2 Doelstelling

Biologische middelen kunnen een alternatief bieden voor de chemische middelen. Maar ook UV licht heeft een bewezen effect tegen echte meeldauw. Door het gecombineerd gebruik van deze alternatieven wordt resistentieopbouw tegen de bestaande chemische middelen verhinderd. Door een lagere frequentie van chemische gewasbescherming wordt ook het gehalte aan residuen verlaagd. In deze masterproef worden een aantal alternatieve bestrijdingsschema's getest op de bestrijding van meeldauw. Bijkomend wordt onderzocht of UV licht ingezet kan worden in een IPM systeem en of een eenmalige wekelijkse UV-behandeling aangevuld met fungiciden ook kan zorgen voor een adequate bestrijding. Een lagere frequentie van UV-behandeling kan het aantal robots reduceren bij grote bedrijven.

2 Podosphaera aphanis

2.1 Classificatie en levenscyclus

Rijk: Fungi

Klasse: Ascomycetes

Subklasse: Erysiphomycetidae

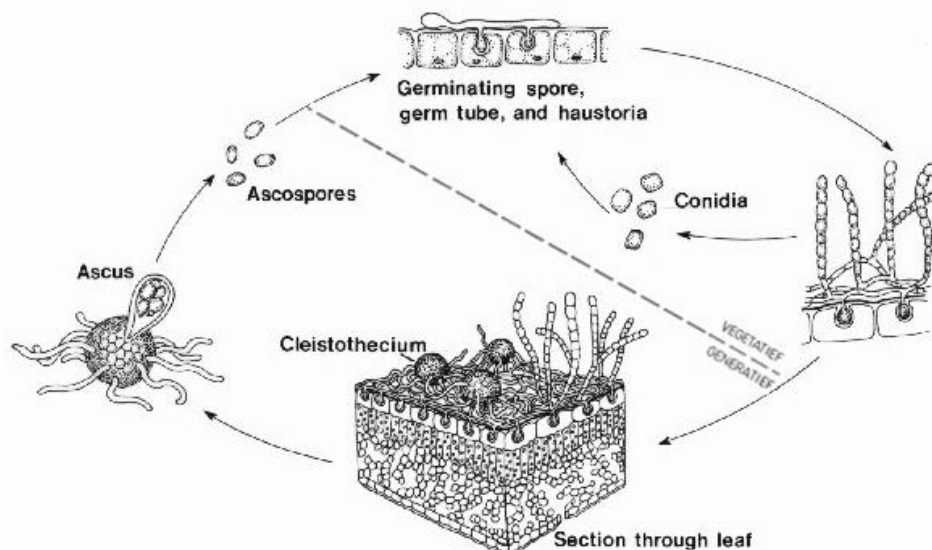
Orde: Erysiphales

Familie: *Erysiphaceae*

Geslacht: *Podosphaera*

Soort: *Podosphaera aphanis* U Braun & S Takam

Wanneer sporen van de *P. aphanis* op het blad terecht komen kiemen deze binnen de 4 tot 6 uur onder gunstige condities. Hierdoor worden er één of meerdere kiembuizen gevormd, met op het eind een appressorium. Het appressorium is gevormd ongeveer 12 uur nadat de spore op het blad terecht is gekomen. Door de uitscheiding van celwand afbreekbare enzymen en een verhoogde druk op de celwand van de gastheer, wordt deze gepenetreerd. De schimmel penetreert het plasmamembraan maar houdt de cel verder wel intact. Ongeveer 12 uur nadat het appressorium is ontwikkeld heeft de schimmel ook een haustorium gevormd. De haustoria worden gevormd in de epidermiscellen van de plant en onttrekken de noodzakelijke voedingsstoffen en vocht voor de verdere groei van de schimmel. Het duurt 4 tot 7 dagen vooraleer de eerste symptomen zichtbaar worden, dit afhankelijk van de omgevingsparameters. Het zichtbaar worden van een wit schimmelpluis betekent de vorming van sporendragers en sporen. Veelal worden ongeslachtelijke sporen of conidia gevormd. Deze sporen kunnen al gevormd worden vanaf dag drie na infectie. Het vrijkomen van deze sporen kan starten na dag 6. Het is echter ook mogelijk dat schimmeldraden met een complementair "mating type" gaan versmelten met vorming van een cleistothecium. Het cleistothecium bestaat uit meerdere asci waarin de geslachtelijke sporen of ascosporen worden gevormd. Deze geslachtelijke voortplanting zorgt voor een uitwisseling van genen. Waardoor nieuwe resistente/tolerante of agressieve pathotypes kunnen ontstaan. Verder is de vorming van deze geslachtelijke sporen ondergeschikt aan de ongeslachtelijke. De sporen verspreiden zich voornamelijk via de wind maar kan ook via water gebeuren (Hofland-Zijlstra, 2010).



Figuur 2: Schematische voorstelling van de voortplantingscyclus van echte meeldauw (The American Phytopathological Society)

2.2 Klimaatfactoren en ziektedruk

Om een inschatting te maken van periodes met hoge risico's voor de ontwikkeling van echte meeldauw is het belangrijk te weten wanneer gunstige klimaatcondities zich voordoen voor een sterke ontwikkeling van de schimmel.

De optimale ontwikkeling van meeldauw gebeurt bij een temperatuur rond de 22°C (Hofland-Zijlstra, 2010). Sporulatie wordt mogelijk vanaf 5°C tot 30°C (Biruta & Jarmoliča, 2009; A Suthaparan & Gislerød, 2010). Het rijpen en vrijkomen van de sporen gebeurt hoofdzakelijk overdag. De sporen gaan s' nachts in een rustfase. De volgende dag rijpen de sporen verder of start de kieming (Blanco et al., 2004). Naast het feit dat de sporen niet meer gevormd worden boven de 30°C is ook de kieming bij deze temperaturen sterk gereduceerd (A Suthaparan & Gislerød, 2010).

P. aphanis verkiest een hoge luchtvochtigheid van 75-98% RV voor een optimale groei en kieming (Biruta & Jarmoliča, 2009). De sporen bevatten echter zelf veel vocht waardoor ook bij een lagere luchtvochtigheid van 50-60% RV de kieming van de sporen kan doorgaan. Het kiemen van de sporen en het uitgroeien van het mycelium gebeurt niet wanneer het gewas nat is. Behandeling met water zal dan ook de myceliumgroei en kieming verhinderen (Hofland-Zijlstra, 2010; Suthaparan & Gislerød, 2010; Carisse, Morissette-Thomas, & Van Der Heyden, 2013; Blanco et al., 2004). Daarnaast geniet een omgeving met een verminderde lichtinval de voorkeur (A Suthaparan & Gislerød, 2010).

Blanco et al., 2004 registreerden gedurende twee jaar de conidia concentratie in de lucht. Hier werd een zeer positieve correlatie gevonden tussen het aantal gemeten conidia in de lucht en een stijgende temperatuur. Een negatief verband werd gevonden voor het aantal conidia en een stijgende relatieve vochtigheid alhoewel de kieming van de conidia wel een relatief hoge relatieve vochtigheid vereist.

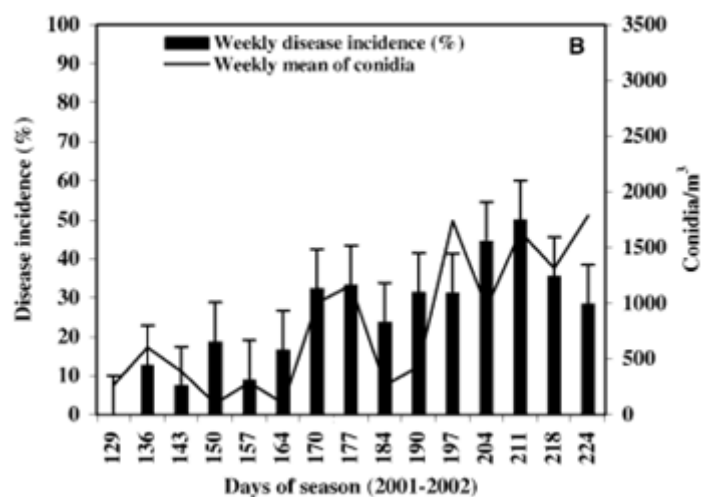
Regen wast de sporen in de lucht uit en zorgt voor een nat gewas. Op deze manier is regen ook negatief gecorreleerd met de ziektedruk. Een verhoogd aantal conidia in de lucht zorgt veelal voor een hoge ziektedruk in het gewas. Desondanks kan er bij een lage concentratie aan conidia ook een zeer hoge ziektedruk ontstaan. Bij een hoge temperatuur, een hoge luchtvochtigheid en een droog gewas kan een lage concentratie aan conidia toch aanleiding geven tot een zeer sterke ontwikkeling van echte meeldauw (Blanco et al., 2004).

De gunstige klimaatcondities voor ontwikkeling van meeldauw worden voor aardbei vooral bereikt in de beschermde teelt onder plastic of glas. In niet beschermde teelten komt meeldauw in mindere mate voor. In 2007 werd in Letland voor de eerste keer melding gemaakt van meeldauw op aardbeien in een openlucht systeem. Mogelijks komt dit door nieuwe variëteiten en/of klimaatverandering gepaard gaande met mildere winters die de overwintering van *P. aphanis* mogelijk maken. Ook de warmere zomers kunnen zorgen voor een snellere uitbreiding (Biruta & Jarmoliča, 2009). Uit een onderzoek is gebleken dat 22% van de planten van het opkweekveld reeds geïnfecteerd zijn met *P. aphanis*. Eens deze planten in de beschutte teelt komen worden de groeiomstandigheden voor de schimmel gunstig met een uitbreiding naar de andere planten tot gevolg. Deze observaties waren gecorreleerd met het aantal conidia in de lucht in deze teeltsystemen. Bij aanvang van het teeltseizoen vond men reeds conidia in de lucht terug, naarmate het groeiseizoen vorderde steeg ook de concentratie van deze conidia (Blanco et al.,

2004). Voor een goede beheersing op het productieveld is dus ook een beheersing op het opkweekveld van jongplanten nodig.

In functie van de groeiomstandigheden fluctueert de infectiedruk doorheen het jaar. Zo is er een zeer hoge druk in de maanden augustus en september (Carisse, Lefebvre, Van der Heyden, Roberge, & Brodeur, 2013), een matig tot hoge druk in de maanden mei tot juli en de maand oktober en tot slot een lage druk van november tot april (Figuur 2)

Echte meeldauw heeft een breed spectrum van voorwaarden voor een sterke vermenigvuldiging. Dit maakt het echter lastig om een goed predictie model te ontwikkelen. Toch zijn er modellen ontwikkeld die vrij nauw aansluiten met de werkelijke infectiedruk. Deze modellen kunnen in de toekomst mee helpen te bepalen wanneer een behandeling uit te voeren waarbij ook rekening wordt gehouden met de economische schadedrempel of andere specifieke vereisten (Carisse, Morissette-Thomas, & Van Der Heyden, 2013).



Figuur 3: Wekelijkse aantasting van meeldauw van 9 mei tot 12 augustus. Tabelblokken duiden op de ziekte index van de plant. De grafieklijn geeft het aantal gemeten conidia per kubieke meter weer.

3 Problematiek van de ziektebestrijding

3.1 Symptomen en economische schade

Echte meeldauw is reeds meer dan een eeuw erkend als ziekte in de aardbeienteelt. Echter wordt er slechts de laatste jaren meer aandacht geschonken aan deze schimmelziekte. Tot voor kort kon de ziekte goed onder controle gehouden worden door gebruik te maken van resistente rassen. Veranderingen in productiesystemen, rassen en pathotypes hebben ertoe geleid dat de behandeling hiertegen noodzakelijk werd (Carisse, Lefebvre, et al., 2013).

Echte meeldauw is een biotrofe schimmel, wat betekent dat levende plantencellen nodig hebben om zich te voeden. Dit maakt dat in de eerste fase de geïnfecteerde plantencellen groen blijven. Eerste symptomen zijn het opkrullen van de bladen. Later groeit er een wit schimmelpluis eerst aan de onderkant van het blad, in een latere fase verschijnt er ook



Figuur 4: schimmelpluis van *P. aphanis* bovenop het blad.

schimmelpluis bovenop het blad (Figuur 4). De aantasting vermindert de fotosynthetische capaciteit en onttrekt voedingsstoffen van de plant. In een latere fase sterven de uitgeputte cellen af en kleuren deze bruin/paars. Alle bovengrondse plantendelen kunnen aangetast worden. Zelfs het pollen kan besmet worden met conidia, wat zal resulteren in een slechte bestuiving. De grootste schade wordt veroorzaakt wanneer vruchten en bloemen worden aangetast. Blanco et al. (2010) toonden aan dat de vruchtaantasting gebeurt wanneer zeven tot tien dagen meer dan 500 conidia per vierkante meter wordt gemeten. Echter werd er in deze proef geen rekening gehouden met de tijd tussen infectie en het waarnemen van de symptomen, ook is de ziektedruk afhankelijk van de klimaatsfactoren zoals hierboven vermeld. Op het Proefcentrum Hoogstraten weet men uit ervaring dat aantasting van de vruchten gebeurt wanneer de ziekte index ongeveer 10% bedraagt. Bij de infectie van groene aardbeien kunnen deze vruchten hard worden en niet verder rijpen. Aardbeien die in een latere fase geïnfecteerd werden, rijpen wel verder. Vruchtaantasting beïnvloedt de commerciële waarde. Aardbeien met zichtbaar schimmelpluis worden afgekeurd en zijn onverkoopbaar. Aardbeien zonder zichtbare infectie worden op de veiling de volgende dag herkeurd. Bij vaststelling van schimmelpluis kunnen deze dalen van klasse extra naar klasse 1 of worden deze verkocht voor de industrie. De daling in klasse gaat gepaard met een gemiddeld inkomens verlies van 0,4 euro op 1,2 euro per halve kilo. Aardbeien geklasseerd voor de industrie worden verkocht aan een prijs van 0,25 euro per halve kilo. Deze prijzen fluctueren afhankelijk van de vruchtgrootte, seizoen en het ras. Verder hebben aangetaste aardbeien een kortere houdbaarheid en zijn vatbaarder voor een *Botrytis cinerea* infectie.

3.2 Fungicide-residuen

Bij aardbeien worden fungiciden gebruikt gedurende de hele teelt. Het aantal behandelingen binnen een teelt kan oplopen tot 15 (Hofland-Zijlstra, 2010). De inzet van fungiciden tijdens de oogstperiode maakt dat het risico op residuen op vruchten ook zeer groot is. Weliswaar bevinden de teruggevonden residuen zich nagenoeg altijd onder de MRL waarde (zie verder).

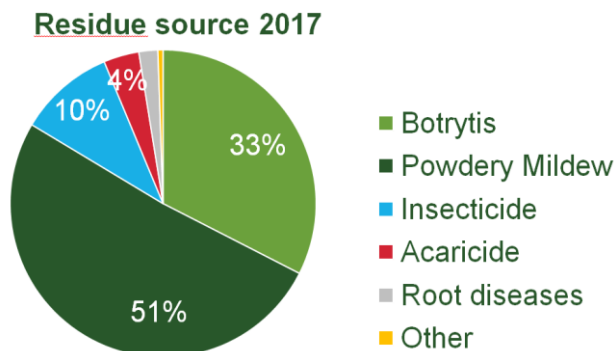
In Figuur 4 is aangeduid dat 51% van de gevonden residuen afkomstig zijn van producten ter bestijding van meeldauw. Dit is te wijten aan het feit dat de bestrijding van meeldauw doorloopt tot in de oogstperiode en ook frequent (wekelijks) toegepast dient te worden.

In België zijn er zeven handelsproducten met een chemische werking erkend om ingezet te worden in de bestijding van echte meeldauw. Voor Fortress (quinoxifen) werd de erkenning niet verlengd en zal het gebruik vanaf 2020 verboden zijn.

Residuen van al de op dat moment erkende middelen werden in 2017 terug gevonden op aardbeien. Signum werd hiervan het vaakst terug gevonden. Ook twee biologische middelen, Vacciplant en Karma, worden veelvuldig gebruikt tijdens de oogst, maar dragen niet bij aan het residugehalte.

Zoals reeds eerder aangehaald is er een hogere aantasting van meeldauw in augustus en september. Bij doordragende rassen loopt de oogstperiode langer door en wordt ook tijdens augustus geoogst. Dit maakt de chemische bestrijding bij doordragers moeilijker rekening houdend met de vereiste wachttijd.

Maximale residu limieten (EU-MRL) zijn op Europees niveau vastgelegd dit om het correct gebruik van bestrijdingsmiddelen na te gaan en de gezondheid van vee en consumenten te beschermen. Als er residuen teruggevonden worden bevinden deze zich normaal onder deze maximum residu limiet. Bijkomend stellen veel supermarktketens bovenwettelijke eisen aan de producten die zij verkopen. Dit is ook van toepassing voor residuen van gewasbeschermingsmiddelen. Bepaalde supermarktketens hanteren een zwarte lijst van bestrijdingsmiddelen die niet detecteerbaar mogen zijn. Op dit moment zijn middelen die gebruikt worden tegen meeldauw hierin nog niet opgenomen. Naast een zwarte lijst zijn er vaak nog bijkomende bovenwettelijke eisen. Albert Hein stelt als eis dat *“De teeltwijze van leveranciers moet erop gericht zijn dat hun producten binnen de 50% MRL norm blijven”*. Jumbo stelt nog hogere normen met: *“Jumbo accepteert per toegelaten werkzame stof een absoluut maximum van 50% van de wettelijk vastgestelde EU-MRL voor deze stof op ieder geleverd product, en hanteert per werkzame stof een absoluut maximum van 50% van de ARfD op moment van aanlevering.”* Jumbo neemt 2-wekelijks stalen en laat deze analyseren in een extern gecertificeerd labo (Foodwatch, 2018). Vanwege de bezorgdheid over de negatieve effecten van residuen en de strengere wettelijke en bovenwettelijke eisen, zijn alternatieve bestrijdingsstrategieën wenselijk.



Figuur 5: Aangetroffen residuen op aardbeien. Gegevens van de veiling van Hoogstraten 2017. Met echte meeldauw weergegeven als Powdery Mildew.

4 Beheersing van echte meeldauw bij aardbei

Fungiciden en hun alternatieven verschillen in hun efficiëntie afhankelijk van de stadia waarin de schimmel zich bevindt. Sommige fungiciden verhinderen het kiemen van de sporen, andere de groei van hyfen en andere remmen dan weer de vorming van sporen. Verder dient er ook rekening gehouden dat sommige middelen enkel preventief werken terwijl andere curatief werken (Hofland-Zijlstra, 2010). Daarnaast bestaat er voor alle fungiciden een veiligheidstermijn vooraleer deze vermarkt mogen worden, dit om het gehalte residuen te drukken.

Om de ziekte effectief te beheersen en de schadelijke effecten van de fungiciden te verminderen, is het noodzakelijk om de werkingswijze van de fungiciden en alternatieven voor fungiciden te begrijpen.

De timing bij gebruik van fungiciden met hun bijhorende gevoelige fase van de schimmel is cruciaal voor een effectieve bestrijding van echte meeldauw. Het voorkomen van de introductie van de ziekteverwekker is een belangrijke bestrijdingsstrategie voor polycyclische ziekten zoals echte meeldauw. Preventie vereist een goede kennis van de levenscyclus van de ziekteverwekker en de werkingswijze van de fungiciden. Conventionele spuitschema's voor de bestrijding van echte meeldauw worden vaak toegepast nadat de ziekte op de plant is waargenomen. Dit is vaak te laat om de verdere ontwikkeling van echte meeldauw in het gewas te voorkomen. In de praktijk zal men vaak iedere week een behandeling uitvoeren om zo de ziektedruk laag te houden.

Bij het gebruik van niet-systemische middelen is er het probleem dat nieuw gevormde plantendelen niet beschermd zijn. Best is om fungiciden met niet-systemische werking gedurende de levensduur van de plant regelmatig toe te passen, dit om de ontwikkeling van ziekten op nieuw gevormde bladeren te onderdrukken. Preventieve middelen worden toegepast voordat een ziekteverwekker wordt vastgesteld. Curatieve middelen kunnen gebruikt worden wanneer de symptomen waargenomen worden. Veel curatieve fungiciden kunnen ook belangrijke preventieve eigenschappen hebben. Kennis over het volledige spectrum fungiciden of mengsels is daarom nuttig om bestrijdingsschema's op te stellen waarbij rekening wordt gehouden met de veiligheidstermijn en met het risico op resistentieontwikkeling.

4.1 Chemische bestrijding

4.1.1 Candit

Het fungicide bevat 50% kresoxim-methyl als actieve stof. Kresoxim-methyl behoort tot de groep van de strobilurinen. Deze groep van fungiciden is ontstaan nadat men in de paddenstoel *Strobilurus tenacellus* twee actieve stoffen had gevonden namelijk oudemansin A en strobilurin A. Het strobilurin A werd als basismodel behouden maar er werden aanpassingen aan de structuurformule toegepast voor de ontwikkeling van deze fungicide groep.

De werking van kresoxim-methyl berust op het feit dat deze molecule gaat interfereren met het complex III. Dit complex katalyseert het elektronen transport van het gereduceerde UQ tot cytochroom c, gekoppeld met de transfer van elektronen. Dit proces wordt aangeduid als de Q-cyclus. Tijdens dit proces wordt UQH₂ geoxideerd waarbij de helft van de vrijgekomen elektronen wordt gebruikt voor de reductie van ½ UQ tot ½ UQH₂ met het verbruik van H⁺. Met als resultaat dat H⁺ ionen van de matrix naar de tussenmembraan ruimte worden gebracht. Deze protonen

gradiënt is noodzakelijk voor de ATP productie afkomstig van V-ATPase pompen. De elektronen worden doorgegeven m.b.v. 2 haem groepen (b_l en b_h). Deze reductie vindt plaats aan de binnenkant van het membraan (Q1 site), de oxidatie vindt plaats aan de buitenkant van het membraan (Q0 site). De andere helft van deze elektronen gaat het Rieske eiwit, vervolgens het cytochroom c_1 en tot slot het cytochroom c reduceren (Krämer & Schirmer, 2007). Kresoxim-methyl gaat binden op de Q_0 site waardoor de transfer van elektronen van het UQH_2 naar het Rieske-eiwit wordt verstoort. Bijgevolg valt ook de ATP productie stil (Haesaert, 2017).

Kresoxim-methyl bezit translaminaire eigenschappen wat betekent dat het wel in het behandelde blad zal dringen maar niet vervoerd zal worden doorheen de plant. De actieve stof bezit zowel een curatieve als preventieve werking (Haesaert, 2017). Het is toegelaten om Candit tot drie keer toe te gebruiken in een teelt aan een dosis van 0,3 kg/ha, met een interval van minstens tien dagen. Na behandeling is een wachttijd van minstens twee weken vereist alvorens geoogst mag worden (Fytoweb). In 2015 had dit product een werkingsgraad (zie verder) van 36% (gegevens Proefcentrum Hoogstraten).

4.1.2 Signum

Signum bevat als actieve stoffen 6,7% pyraclostrobine en 26,7% boscalid. Pyraclostrobin behoort ook tot de strobilurinen en bezit dus eenzelfde werking als kresoxim-methyl, mogelijks met een andere bindingsplaats. Tevens heeft pyraclostrobine ook een translaminaire werking en werkt het zowel preventief als curatief.

Boscalid behoort tot de groep van de (pyridine-) carboxamides. Deze groep van fungiciden gaan het succinaat-hydrogenase inhiberen. Dit enzym is actief in de Krebscyclus en maakt deel uit van complex II (succinyl-ubiquinone oxidoreductase). Dit enzym katalyseert de oxidatie van succinaat naar fumeraat, hierbij komen er twee elektronen vrij, deze worden opgenomen door FAD. Elektronen worden doorgegeven aan drie ijzer-zwavel verbindingen. Uiteindelijk zullen deze elektronen gebruikt worden voor de vorming van UQH_2 aan de binnenkant van het membraan. Actieve stoffen kunnen binden aan de succinaat bindingsplaats of bindingsplaats voor UQ (Q_p site) (Krämer & Schirmer, 2007).

Boscalid bezit zoals pyraclostrobin translaminaire eigenschappen. Het remt de sporenkieming en de groei van de kiembuis (Haesaert, 2017). Het is ook een middel dat toegelaten is in de aardbeienteelt om te gebruiken tegen grauwe schimmel (*Botrytis cinerea*) en anthracnose (*Colletotrichum acutatum*). Boscalid mag maximaal twee keer toegepast worden per jaar aan een dosis van 1,8 kg/ha. Daarnaast is er een wachttijd van minstens drie dagen alvorens geoogst mag worden (Fytoweb).

4.1.3 Flint

Flint bevat 50% trifloxystrobine als actieve stof. Deze actieve stof behoort net zoals kresoxim-methyl en pyraclostrobin tot de strobilurinen waardoor het ook een gelijkaardig werkingsprincipe heeft (zie 4.1.1). Het bezit eveneens een translaminaire werking. Flint mag maximaal twee keer toegepast worden in de teelt aan een dosis van 0,15 kg/ha en heeft een wachttijd van een tot drie dagen. In 2016 had dit product een werkingsgraad (zie verder) van 98,4% (gegevens Proefcentrum Hoogstraten).

4.1.4 Topaz

Topaz bevat 100g/l penconazool als actieve stof (Fytoweb). Penconazool behoort tot de groep van de triazolen. Membranen bij levende organismen bestaan uit fosfolipiden, eiwitten en sterolen. Bij de Ascomycota komt ergosterol voor in het membraan. De vorming van ergosterol wordt verhindert doordat penconazool C₁₄-demethylase gaat blokkeren. Dit enzym fungeert als katalysator in de C₁₄ demethylering, waardoor deze quasi stilvalt. Specifiek gaat penconazool binden op het cytochroom P450. Hierdoor treedt penconazool in competitie met het natuurlijk substraat. Als resultaat valt de ergosterolbiosynthese stil. Dit heeft als gevolg dat de membraan selectiviteit vermindert en de vorming van nieuwe membranen stilvalt. Deficiëntie in de opbouw van nieuwe membranen leidt voornamelijk in een groeistilstand van de schimmel. Als het middel is afgebroken of uitgewassen kan de schimmel zijn groei terug hervatten.

Penconazool is een systemisch fungicide wat betekent dat het opgenomen wordt door de plantendelen en waarna het getransporteerd wordt doorheen de plant. Het bezit vooral een curatieve werking tegen meeldauw (Haesaert, 2017). Het product mag vier keer per jaar gebruikt worden met een dosis van 0,5 l/ha, met een tussentijd van minstens tien dagen. Daarnaast dient er rekening gehouden te worden met een wachttijd van drie dagen alvorens geoogst mag worden (Fytoweb). In 2016 had dit product een werkingsgraad (zie verder) van 54,4% (gegevens Proefcentrum Hoogstraten).

4.1.5 Luna sensation

Luna sensation bevat 250 g/l fluopyram en 250 g/l trifloxystrobine als actieve stoffen. Fluopyram behoort net zoals boscalid en pyraclostrobine tot de succinaat-dehydrogenase inhibitoren (werking zie 4.1.2). Trifloxystrobine bezit net zoals kresoxim-methyl een storende werking in de elektronentransportketen ter hoogte van het complex III (werking zie 4.1.1). Luna Sensation bezit een translaminaire werking en is zowel preventief als curatief te gebruiken. Het product mag twee keer per jaar gebruikt worden aan een dosis van 0,8 l/ha, met een tussentijd van minstens tien dagen. Daarnaast dient er rekening gehouden te worden met een wachttijd van één dag alvorens geoogst mag worden (Fytoweb). In 2014 had dit product een werkingsgraad (zie verder) van 91,9% (gegevens Proefcentrum Hoogstraten).

4.1.6 Systhane

Systhane bevat 200 g/l myclobutanil als actieve stof, deze behoort net zoals penconazool tot de triazolen. Het werkingsprincipe is daarom analoog aan Topaz (zie 4.1.4). Het is een systemisch fungicide met een preventieve maar voornamelijk curatieve werking. Het is toegestaan om het middel tot drie keer toe te gebruiken aan een dosis van 0,3 l/ha met een interval van minstens zeven dagen. Daarnaast is voor het product een wachttijd van minstens drie dagen vereist (Fytoweb).

4.1.7 Takumi

Takumi bevat 100 g/l cyflufenamide als actieve stof, deze behoort tot de groep van de benzamidoxime fungiciden. Deze actieve stof bezit geen systemische werking maar bezit wel translaminaire eigenschappen. Daarnaast bezit het product een preventieve en curatieve werking.

Cyflufenamide stoort het infectieproces door de vorming van haustoria, de groei van secundaire hyfen en de vorming van conidia te verhinderen. Echter heeft het geen werking op het kiemen van de sporen, de groei van de kiembuis en de vorming van een appressorium. Het mechanisme waarop deze actieve stof inspeelt is nog niet achterhaald. Uit testen blijkt dat het geen werking bezit op de celdeling, sterolbiosynthese, vetzuursynthese, membraanfuncties en celademhaling (Krämer & Schirmer, 2007).

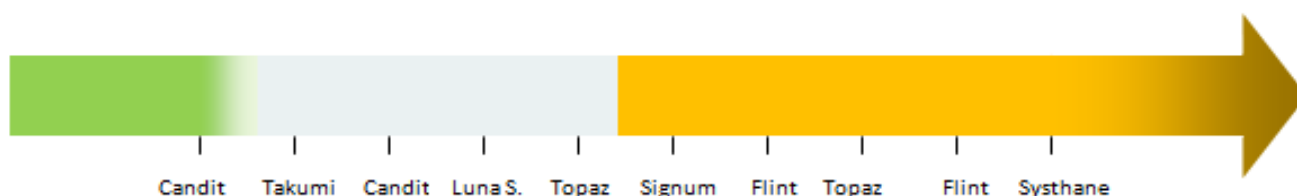
Takumi mag maximaal twee keer toegepast worden per teelt aan een dosis van 0,15-0,188 l/ha. Verder dient een wachttijd van drie dagen gerespecteerd te worden (Fytoweb). In 2016 had dit product een werkingsgraad (zie verder) van 96,4% (gegevens Proefcentrum Hoogstraten).

4.1.8 Resistentie management

Voor de bestrijding van echte meeldauw in de aardbeienteelt mogen er nog zeven verschillende middelen met acht actieve stoffen toegepast worden. Om resistentie te voorkomen is het belangrijk om voldoende af te wisselen tussen deze middelen. Kruisresistentie kan dan weer optreden wanneer er wordt afgewisseld tussen producten binnen dezelfde fungicide of FRAC groep. Daarom is het aangewezen bij elke chemische behandeling een product te gebruiken afkomstig van een verschillende fungicide groep als de voorgaande toepassing. Omwille van zelfde redenen zijn er limieten opgelegd voor het maximale aantal toepassingen per product. Het gebruik van alternatieve bestrijdingsmechanismen verlagen ook het risico op resistentieopbouw. Voorbeeld van een chemisch bestrijdingsschema is weergegeven in Figuur 6 met een wekelijkse toepassing. In dit schema is rekening gehouden met resistentie opbouw, maximaal aantal toepassingen en wachttijden.

Tabel 1: Overzicht van de erkende fungiciden in de aardbeienteelt, met aanduiding van hun FRAC-groep en hun plaats van werking.

Handelsnaam	Actieve stof	Fungicide groep	FRAC-groep	Plaats van inwerking
Signum	boscalid	SDHI-fungiciden	7	celademhaling
	pyraclostrobine	QoI-fungiciden	11	celademhaling
Candit	kesoxim-methyl	QoI-fungiciden	11	celademhaling
Systane	myclobutanil	DMI-fungiciden	3	sterol synthese
Topaz	penconazool	DMI-fungiciden	3	sterol synthese
Flint	trifloxystrobin	QoI-fungiciden	11	celademhaling
Luna -Sensation	fluopyram	SDHI-fungiciden	7	celademhaling
	trifloxystrobine	QoI-fungiciden	11	celademhaling
Takumi	cyflufenamide	fenylacetamiden	U06	onbekend



Figuur 6: Voorbeeld van een chemisch behandelingsschema voor junidragers. Met een wekelijkse behandeling, rekening houdend met wachttijden, maximale toepassingen en resistetievorming. In het groen, licht blauw en geel worden respectievelijk de vegetatieve periode, de bloei en de oogstperiode weergegeven.

4.2 Biologische bestrijding

4.2.1 Vacciplant

Het product bevat 45 g/l laminarine. Deze stof komt van nature voor in vele planten en soorten algen. De gewonnen laminarine is veelal afkomstig van bruinwiersoorten. Het laminarine is op zich geen actieve stof maar stimuleert het verdedigingsmechanisme van de plant tegen schimmels. Het product wordt zeer snel afgebroken tot onschadelijke oligosachariden en glucose. Door deze activerende werking is het enkel nuttig om Vacciplant te spuiten zolang er nieuwe plantendelen gevormd worden (Belchim). Het product moet toegepast worden aan een dosis van 0,75 l/ha en mag maximaal zeven keer toegepast worden binnen een teelt. In 2015 had dit product een werkingsgraad (zie verder) van 8,2 % (gegevens Proefcentrum Hoogstraten).

4.2.2 Fytosave

Fytosave bezit 12,5 g/L COS-OGA (Chito-oligosacchariden-Oligogalacturonans) als actieve stof. Het product stimuleert het planteigen afweermechanisme en is daarom een preventief middel. Fytosave mag tot zeven keer toegepast worden binnen één teelt met een tussentijd van minstens zeven dagen. Het product wordt toegepast aan een dosis van 2,5 l/ha (fytofend). In 2016 had dit product een werkingsgraad (zie verder) van 96,4% (gegevens Proefcentrum Hoogstraten).

4.2.3 Romeo

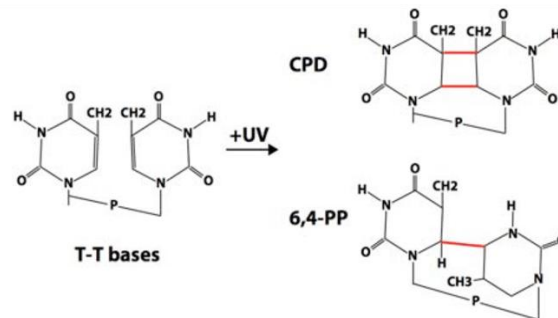
Romeo bezit 94,1% cerevisane als werkzame stof. Cerivisane bestaat uit het celwandmateriaal van de gist *Saccharomyces cerevisiae* LAS 1117. Romeo zorgt ervoor dat het planteigen afweersysteem wordt voorbereid op een eventuele infectie. Als de plant later in contact komt met een pathogeen wordt het plant eigen afweersysteem geactiveerd (ECOstyle). Op deze manier is het gewas in staat om sneller te reageren. De werking is duidelijk preventief en mag tot acht keer toegepast worden aan een dosis van 0,75 kg/ha binnen één teelt met een interval van minstens zeven dagen. Er dient rekening gehouden te worden met een minimale veiligheidstermijn van één dag. Het product is vooralsnog enkel erkend voor de bestrijding van *Botrytis* in de aardbeienteelt. Wel is het erkend voor de bestrijding van echte meeldauw in andere teelten (Fytoweb).

4.2.4 Karma

Karma bezit 85% kaliumwaterstofcarbonaat als actieve stof. Het werkingsmechanisme van bicarbonaatzouten is gekoppeld aan de verstoring van de pH, de osmotische druk en de bicarbonaat/carbonaat ionenbalans van gevoelige schimmels. Door sterke contactwerking en meerdere werkingsmechanismen is er een laag risico op resistentievorming. Wanneer schimmelsporen en -draden in contact komen met het kaliumwaterstofcarbonaat verschrompelen deze door osmotische druk, pH-verandering en inwerking van bicarbonaationen. Door deze contactwerking heeft het middel enkel een curatieve werking en heeft het bovendien ook geen systemische werking (Marku, Vrapic, & Hasani, 2014). Karma mag tot acht keer toegepast worden binnen één teelt met een interval van minimaal zeven dagen aan een dosis van 3 kg/ha. Het middel laat geen residuen achter waardoor slechts een veiligheidstermijn van één dag gerespecteerd moet worden (Fytoweb). In 2014 had dit product een werkingsgraad (zie verder) van 63,8% (gegevens Proefcentrum Hoogstraten).

5 Potentieel van UV-C

Studies hebben aangetoond dat UV-C kan helpen om de ernst en de sporulatie van een aantal echte meeldauw soorten onder controle te houden. Beide bieden potentieel om in de toekomst gebruikt te worden als een krachtige strategie bij de behandeling van deze ziekten. UV-C licht wordt in de praktijk al jaren veelvuldig gebruikt bij de ontsmetting van lucht en (drain)water met als doel om micro-organismen, hyfen, sporen, ... af te doden. UV-C bezit verschillende schadelijke effecten, variërend van veranderingen van groei en ontwikkeling in hogere organismen tot inductie van mutaties en het doden van eenvoudige organismen. Deze reacties worden verkregen door verandering in membraaneiwit, fotosysteem II, enzym synthese, veranderingen in productie van groeiregulatoren en reactieve zuurstof-componenten (ROS). Maar schadelijkste effecten van UV-C licht zijn te wijten aan mutaties of laesies in het DNA. Absorptie van hoogenergetische UV-fotonen door DNA-basen blijkt DNA-schade te veroorzaken. Zo worden twee belangrijke DNA-laesies gevormd namelijk: cis-sincyclobutane pyrimidine-dimeren (CDP's) en pyrimidine-pyrimidone (6,4 PP) (Figuur 7) (Essen, 2006), waarbij er ongeveer tien keer meer CDP's worden gevormd t.o.v. 6,4 PP's (Bluhm & Dunkle, 2008). Deze dimeren zullen de werking van het DNA-polymerase blokkeren en daardoor de genoomreproductie verhinderen, waardoor ook de verdere celcyclus wordt onderbroken (Aruppillai Suthaparan, Solhaug, Stensvand, & Gislerød, 2016).



Figuur 7: Vorming van pyrimidine dimeren CDP en 6,4-PP, door de gevormde covalente binding (in het rood) tussen twee thymine basen (De Koning, 2013).

Reactieve zuurstof species (ROS) zijn normale bijproducten van verschillende metabole processen die voorkomen in verschillende celcompartimenten. Ze worden beschouwd als onvermijdelijke schadelijke bijproducten vanwege hun schadelijke effecten op DNA, eiwitten, lipiden en andere celcomponenten. Hoewel alle macromoleculen onderhevig zijn aan schade door ROS, is schade aan het DNA het meest schadelijk. Naast de directe DNA-schade door UV-licht is de productie van ROS ook een belangrijke exogene bron, die oxidatieve DNA-schade kan veroorzaken. Onder normale omstandigheden worden ROS gedeactiveerd door een netwerk van antioxidatieve verdedigingscomponenten om schade aan macromoleculen te voorkomen (Aruppillai Suthaparan et al., 2016).

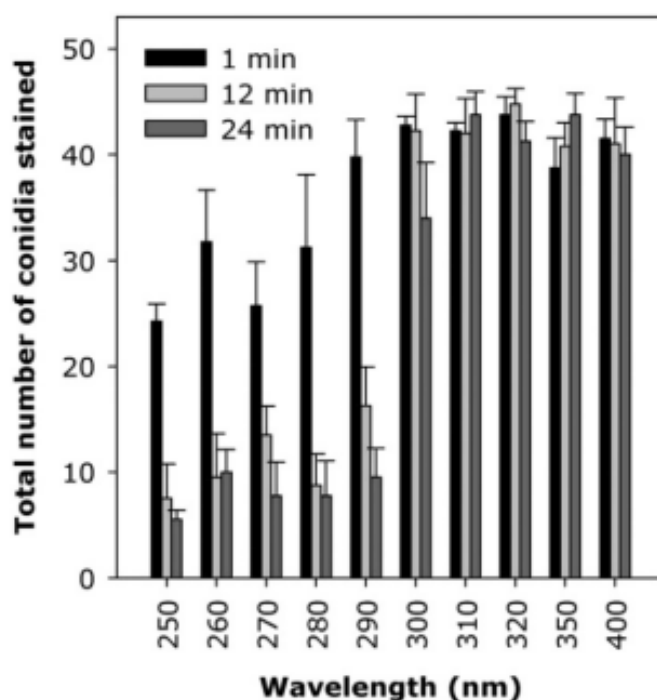
Daarnaast speelt UV licht ook een belangrijke rol als signaal voor de plant in verband met groeiregulatie en het plant eigen afweersysteem (Aruppillai Suthaparan et al., 2016).

Het gebruik van UV-C licht in strijd tegen pathogenen is beperkt omdat ze ook een fytotoxisch effect hebben op de waardplant. Mogelijks kan er met de juiste dosis en golflengte wel een "gulden middenweg" gevonden tussen voldoende toxiciteit voor echte meeldauw en weinig voor de aardbeiplant.

5.1 Dosis en golflengte

UV licht bestaat uit drie verschillende types namelijk UV-A, UV-B en UV-C, met respectievelijke golflengten 315-400 nm, 280-315 nm en 100-280 nm. UV-A en UV-B worden gedeeltelijk geabsorbeerd door de ozonlaag, UV-C daarentegen wordt volledig geabsorbeerd door de ozonlaag.

DNA bezit een optimale absorptie frequentie tussen de 200 en 300 nm (piek op 262 nm). Licht met deze golflengte zal een grotere impact hebben op het DNA. De effectiviteit van UV-C licht, met verschillende dosissen en golflengten werd onderzocht op echte meeldauw bij tomaat (*Oidium neolycopersici*) (Suthaparan et al., 2016). Er werden golflengten getest tussen de 250 en de 400 nm (Figuur 8). Hieruit bleek dat golflengten tussen 250 en 280 nm zeer effectief zijn, tussen 280 en 300 nm is er een overgangsfase en golflengten van 300 tot 400 nm bleken geen effect te hebben. Dit toont aan dat de juiste golflengte zeer belangrijk is voor een effectieve behandelingen. Praktisch zal enkel een golflengte van minder dan 300 nm gebruikt kunnen worden.



Figuur 8: Effect van verschillende UV-golflengten en dosissen op de conidia kieming van *Oidium neolycopersici* (Aruppillai Suthaparan et al., 2016).

De dosis wordt bepaald door de tijd van blootstelling en de intensiteit van de straling. In Figuur 8 zijn ook de resultaten weergegeven voor verschillende tijden van blootstellen en dus ook verschillende dosissen. Een algemene trend is: hoe langer de schimmel wordt blootgesteld aan UV-C licht hoe groter het effect. Bij golflengten van meer 300 nm is deze trend er niet. Het verhogen van de dosis bij deze golflengten heeft geen effect. Ook dit bewijst dat een golflengte boven de 300 geen/bepaalde werking bezit.

Als in de praktijk UV-C licht gebruikt zal worden moet een optimale dosis bepaald worden die effectief is in de bestrijding van echte meeldauw en de schade aan de plant beperkt. Dit optimum is gebaseerd op het feit dat schimmels worden gedood bij een lagere dosis UV-C, doordat de lengte van hun DNA korter is waardoor mutaties sneller dodelijk zijn. Opvallend is dat de gebruikte praktijkdosis aanzienlijk lager kan zijn dan wordt vooropgesteld in de wetenschappelijke wereld. Dit is te mogelijks te wijten doordat ook het planteigen afweersysteem wordt geactiveerd. Het verschil in gevoeligheid voor UV-C maakt het mogelijk om de schimmel op het gewas af te doden en schade op het gewas te voorkomen (Van Hemelrijck, Laer, Hoekstra, Aiking, & Creemers, 2010).

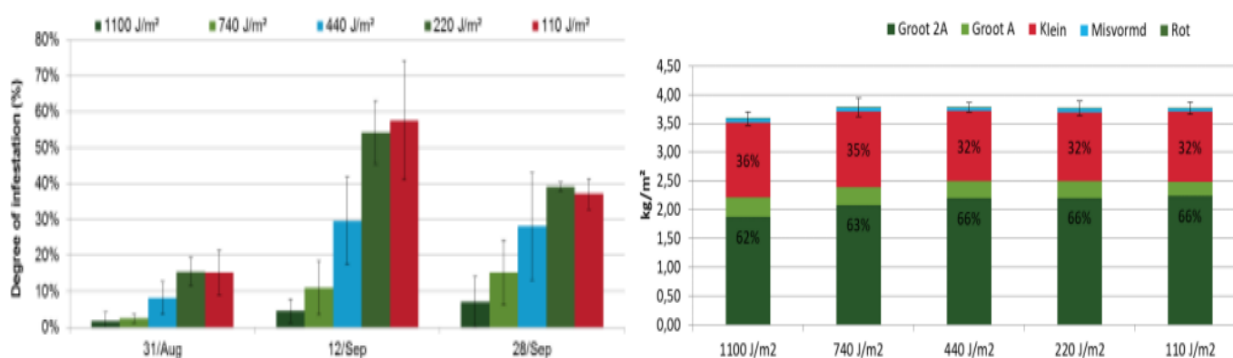
In het najaar van 2010 werd er in Proefcentrum Hoogstraten voor het eerst gestart met het gebruik van verschillende dosissen UV-C licht voor de bestrijding van echte meeldauw. Er werden dosissen gegeven van 900 en 1800 J/m² die om de twee dagen werd toegediend. Hierdoor bleef de aantasting van echte meeldauw beperkt tot 2,5% wat onder de 10% drempel ligt waarbij ook de vruchten worden aangetast. Er kon geen significant onderscheid



Figuur 9: Schade aan het gewas door behandeling met hoge dosis UV- licht.

gemaakt worden tussen beide dosissen voor wat betreft de bestrijding, maar er was wel een duidelijke “verbranding” van de plant bij een dosis van 1800 J/m² (Figuur 9).

In het najaar van 2017 werden dosissen van 110, 220, 440, 740 en 1100 J/m² getest. De planten werden drie keer per week blootgesteld. In Figuur 10 en 11 worden de resultaten van deze proef weergegeven. Enkel de behandeling met 1100 J/m² bleef onder de 10% aantasting maar resulteerde wel in een licht verminderde opbrengst en een meer gedrongen gewas.



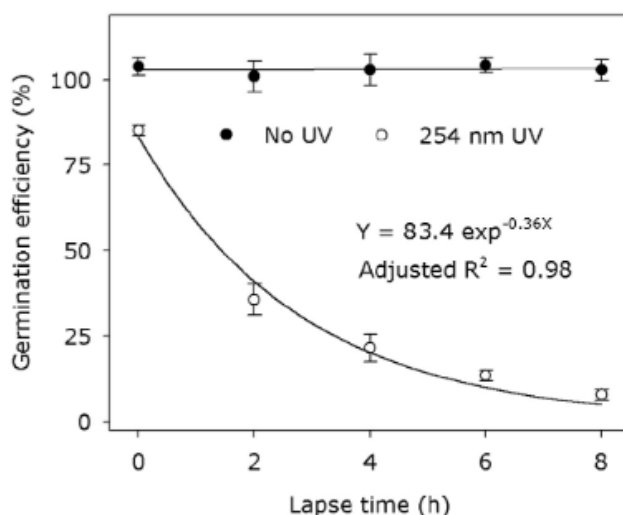
Figuur 10 en 11: Ziekte index, productie en sortering bij het toedienden van verschillende dosissen UV-C licht tijdens de dagfase (Proefcentrum Hoogstraten, 2017).

5.2 Dag versus nachtbehandeling

DNA-fotolyasen zijn enzymen die de schade aan het DNA, veroorzaakt door UV licht, kunnen herstellen. In tegenstelling tot andere DNA-herstel-enzymen gebruiken DNA-fotolyasen de energie van een fotonen uit het lichtspectrum 320-500 nm om deze pyrimidinedimeren te splitsen. CPD-fotolyasen zijn in staat om CPD's te herstellen, deze enzymen zijn aanwezig in eukaryoten, eubacteriën en Archaea. 6-4 fotolyasen zijn in staat om 6-4 PP's te herstellen, hun voorkomen is beperkt tot multicellulaire organismen, zoals planten en dieren (Essen, 2006). Hoewel de verspreiding en werking van 6-4 fotolyasen goed gekend is binnen het dieren- en plantenrijk, is dit niet het geval voor het schimmelijk (Bluhm & Dunkle, 2008).

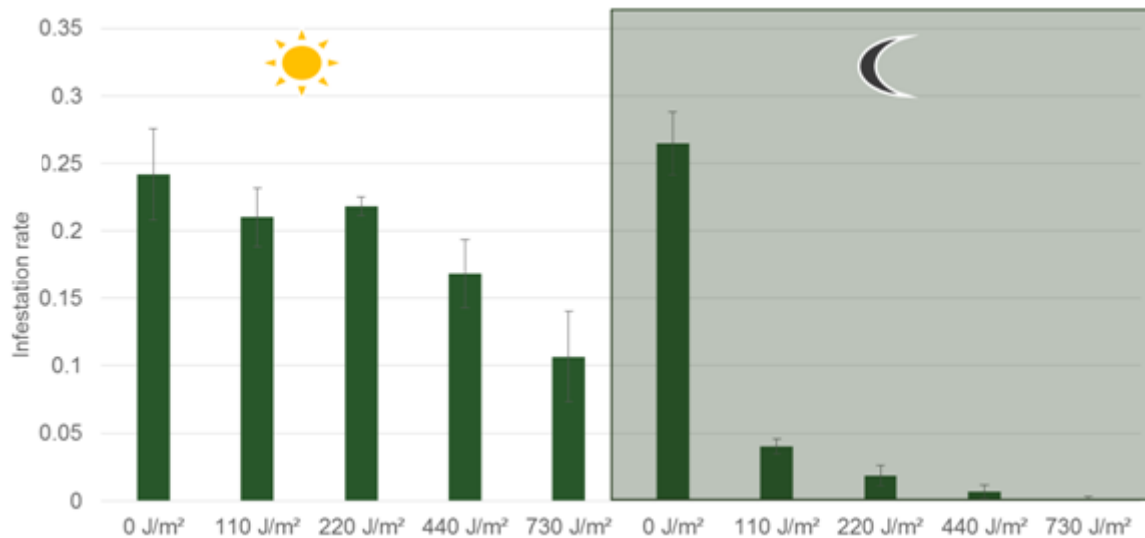
Het gehalte aan UV straling dat de aarde bereikt fluctueert gedurende de dag, waarbij het gehalte stijgt tot aan de middag en daalt naar de avond. Organismen hebben zich aangepast door de activiteit van de CPD-fotolyasen ook te laten fluctueren met een piek op de middag (Takahashi, Nakajima, Saji, & Kondo, 2002).

In 2018 werd getest of blootstelling aan blauw licht ook een invloed heeft op de efficiëntie van een UV-C behandeling. Sporen van *Oidium neolycopersici* werden blootgesteld aan een zelfde dosis UV-C licht (254 nm), gevolgd door een donkere periode van 0, 2, 4, 6 of 8 uur. Na deze donkere periode werden de sporen 2 uur blootgesteld aan blauw licht (Figuur 12). De kiemkracht van de UV-C behandelde sporen was significant het hoogst voor sporen die onmiddellijk blootgesteld werden aan 2 uur blauw licht (85,1% kieming). De kiemkracht was significant het laagst 7,8 en 13,4% kieming, wanneer de UV-C behandelde sporen een donkere fase van 8 h en 6 h ondergingen. Voor een voldoende lage kiemkracht is het noodzakelijk dat de sporen na de UV-C behandeling blootgesteld worden aan een donkere periode van minstens 4 uur. Dit resultaat bewijst het bestaan van een fotolyase herstel systeem in *O. neolycopersici* en ook dat het een sleutelenzym is in het herstel van UV-C geïnduceerde schade. (Arupillai Suthaparan, Pathak, Solhaug, & Gislerød, 2018).



Figuur 12: Invloed van een donkere periode na blootstelling aan UV-C licht op de kieming van Conidia (*O. neolycopersici*). Deze werden behandeld met een blootstelling van 30 seconden aan een UV-C golflengte van 254nm. Na deze behandeling werden ze in het donker geplaatst gedurende 0, 2, 4, 6 of 8 uur, gevolgd door een blootstelling van 2 uur aan blauw licht. Bovenaan wordt de controle weergegeven deze ondergingen dezelfde behandeling zonder de blootstelling aan UV-C licht. In de grafiek wordt het kiemingspercentage weergegeven (Arupillai Suthaparan et al., 2018).

Blauw en UV-A licht kunnen mogelijks ook het herstelproces in *P. aphanis* positief beïnvloeden. Daarom is men op het Proefcentrum Hoogstraten in het najaar van 2018 gestart met een vergelijkende proef waarbij men een UV-C dosissen, toegediend na schemering, ging vergelijken met dezelfde dosissen overdag. Deze dosissen werden drie maal per week (ma, wo en vr) toegediend. Hoe hoger de dosis hoe effectiever deze is in de bestrijding van echte meeldauw (Figuur 13) én de toepassing van een UV-C behandeling is vele malen effectiever bij een toepassing na schemering. Zo is er bij een dosis van 110 J/m² een ziekte index van 22% overdag, terwijl eenzelfde dosis toegediend na schemering goed is voor een ziekte index van slechts 4%. Een toepassing van 110 J/m² na schemering bleek zeer effectief, met een ziekte index < 10% terwijl eenzelfde dosis overdag duidelijk in hogere ziekte index resulteerde (Proefcentrum Hoogstraten jaarverslag 2018).



Figuur 13: Effect van toenemende dosissen UV-C licht, toegediend tijdens de dag of nachtfase, op de meeldauwontwikkeling bij aardbei (Proefcentrum Hoogstraten jaarverslag 2018).

5.3 Resistentieontwikkeling voor UV-C

Het snelle tempo van replicatie van organismen stelt hen in staat om zich aan te passen aan de stress van omgevingsparameters. Gunstige mutaties in het DNA leiden tot een concurrentievoordeel en zullen zich verspreiden over de gehele populatie. Deze theorie is in feite grotendeels verantwoordelijk voor het ontstaan van resistente pathogene types tegen verschillende pesticiden.

De belangrijkste functie van het behandelen met UV-C is het beschadigen van het DNA van micro-organismen, daarom is het mogelijk om mutanten te genereren met een verhoogde resistentie tegen UV-C licht. *E. coli* onderging 80 groei-bestringscycli. Aan het einde van de cycli gaven al de culturen aanleiding tot verschillende graden van UV-C resistentie. De aanpassing aan cyclische UV-C behandelingen waren het gevolg van de selectie van gunstige mutaties in verschillende genen die verband houden met het herstel en de replicatie van DNA (Alc antara-Díaz, Bre, & Serment-Guerrero, n.d.). Resistentie opbouw werd ook getest op de schimmel *Trichophyton rubrum* door vijf successieve blootstellingen aan een subletale dosis. Er werden geen significante verschillen gevonden in de cel inactiviteit gehalten tussen de vijf

opeenvolgende cycli. Dit geeft aan dat resistentie tegen UV-C behandeling niet snel wordt verworven door *T. rubrum* cellen na herhaalde blootstellingen aan subletale UV-C dosis (T. Dai, Tegos, Rolz-Cruz, Cumbie, & Hamblin, 2008).

Samengevat kan een overmatige herhaling van UV-C belichting leiden tot resistentie van organismen tegen UV-C. In de studie van Dai et al. werd geen resistentie van schimmelcellen tegen UV-C licht waargenomen, dit kan mogelijk ook te wijten zijn aan de beperkte cycli die werden uitgevoerd (Tianhong Dai, Vrahas, Murray, & Hamblin, 2012).

5.4 Neveneffecten van UV-C licht

Zoals hierboven wordt aangetoond bieden UV-C behandelingen veel potentieel in de bestrijding van echte meeldauw. Maar deze UV stralen zijn niet selectief en kunnen mogelijks ook nuttig zijn in de bestrijding van andere ziekten en plagen, maar ook de nuttige insecten kunnen worden afgedood. Dit heeft men in het Proefcentrum Hoogstraten ook getest in de vergelijkende dag/nacht proef.

5.4.1 Botrytis

Samen met echte meeldauw is *Botrytis cinerea* een van de meest schadelijke schimmelziekten bij aardbei. Deze schimmelziekte kan zowel de vruchten als de plant infecteren. Kenmerkend is het grauwgrijze schimmelpuis dat gevormd wordt bij aantasting. Infectie gebeurt vooral bij het rijpen van de vruchten, maar kan ook voorkomen bij jonge vruchten bij aanhoudende hoge luchtvochtigheid of door direct contact met een aangetaste vrucht. *Botrytis* kan de plant makkelijk infecteren waar wonden zijn ontstaan (bv. afvallen van kroonbladeren, barsten, insectenschade, ...). Per teelt is het aangewezen om 2-3 keer te behandelen, dit wordt vaak gecombineerd met een meeldauwbestrijding (Van Liefvering, 2015).

Op het Proefcentrum Hoogstraten werden aardbeiplanten op drie momenten geïnoculeerd met *Botrytis* sporen om zo de druk te verhogen. De UV-C behandelingen werden drie maal per week overdag (ma, wo en vr) toegepast in 4 dosissen (30, 60, 120, 200 J/m²). Op drie momenten werden vruchten opzij gezet voor een bewaarproef, waarbij na 11 dagen de vruchten gecontroleerd werden op *Botrytis*-aantasting. De hoogste dosis zorgde voor een significant lagere aantasting voor *Botrytis* (Proefcentrum Hoogstraten jaarverslag 2018). Dit effect is echter in de praktijk niet altijd zichtbaar.

Als *Botrytis* na een UV-C behandeling wordt geplaatst in een donkere ruimte zijn effecten ook hier veel duidelijker. *B. cinerea* conidia op agarplaten werden blootgesteld aan een dosis van 123,6 J/m². Op de meeste agarplaten die na bestraling gedurende 4 uur in het donker werden bewaard ontstonden geen kolonies meer. Ook droge conidia van *B. cinerea* werden bestraald met een zelfde dosis. Dit resulteerde in de overleving van enkele conidia, maar verder waren deze niet in staat om infecties te veroorzaken bij gewonde appelvruchten (Janisiewicz, Takeda, Glenn, Camp, & Jurick, 2016).

5.4.2 Anthracnose

Anthracnose (*Colletotrichum acutatum*) kan vruchten aantasten waardoor zwarte rotte plekken gevormd worden. Naast het aantasten van vruchten kan deze schimmelziekte ook uitlopers aantasten, waardoor het grote schade kan aanrichten op vermeerderingsvelden. Deze ziekte wordt vaak bestreden samen met echte meeldauw (Van Liefferinge, 2015). Ook anthracnose wordt negatief beïnvloed door behandeling met UV-C licht (Janisiewicz, Takeda, Glenn, et al., 2016).

5.4.3 Spint

Kasspint (*Tetranychus urticae*) is een polyfage mijt die wereldwijd grote schade aanricht op zowel groenten, fruit en andere gewassen. Wanneer de mijt zich gaat voeden op het gewas leidt dit veelal gele tot paars bruine puntjes met een verminderd fotosynthetisch vermogen als gevolg. Wanneer spint zich gaat voeden op bloemknoppen en vruchtbeginsels leidt dit tot vrucht verwondingen en een lager vruchtgewicht met verminderde opbrengst tot gevolg. In de aardbeienteelt wordt daarom vaak met acariciden behandeld om deze plaag te beheersen, maar meestal is dit onvoldoende om de plaag onder de economische schadedrempel te houden. Daarnaast is geweten dat spint resistentie en tolerantie heeft opgebouwd tegen 90 actieve stoffen, dat maakt de controle van spint in de toekomst onzeker. Mogelijks kan UV naast de roofmijten een alternatief bieden (Short, Janisiewicz, Takeda, & Leskey, 2018).

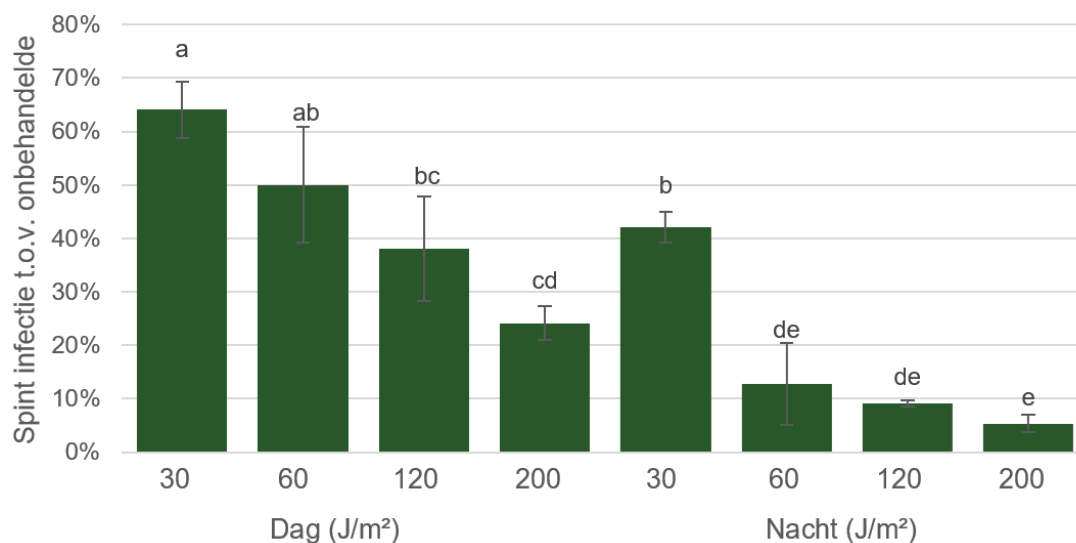
In een proef van Short et al in 2018 werden 100 *T. urticae* mijten per plant losgelaten. Deze kregen 48 uur om zich te settelen. Daarna werden deze planten 4 weken lang iedere avond 60s blootgesteld aan een UV-C dosis van 340 J/m², gevolgd door een donkere periode van 4 uur. Dit resulteerde in een populatiereductie aan spint met 97% t.o.v. de onbehandelde planten. Daarnaast was er geen visuele schade van de UV-C straling en spint waar te nemen op de planten (Figuur 14).



Figuur 14: Verschil in spintaantasting tussen planten behandeld met UV-C licht en onbehandelde planten in een proef van short et al. 2018.

Eerder werd aangetoond dat spintmijten weinig vermijding van zichtbare, UV-A of UV-C golflengten vertoonden, zodat de daling van de mijtpopulaties die in deze studie werd waargenomen mogelijk te wijten was aan hoge sterftcijfers (Short et al., 2018). Naast de hoge mortaliteit van spint door UV-C licht zou het ook migratie bevorderen en de ovipositie bij spint vrouwtjes remmen (Suzuki, Watanabe, & Takeda, 2009).

Ook op het Proefcentrum Hoogstraten kwam men tot gelijkaardige conclusies (Figuur 15). Het is duidelijk dat een nachtbehandeling in dit geval ook effectiever is dan overdag. Daarnaast is er ook het dosiseffect (Vervoort, Stoffels, & Melis, 2018).



Figuur 15: Spintaantasting na behandelen met een UV-C dosis van 30, 60, 120 en 200 J/m², ook wordt er een onderscheid gemaakt tussen een behandeling s' nachts en overdag (Vervoort et al., 2018).

5.4.4 Bladluis

Bladluizen zijn een grote groep van insecten met een typische zuignavel die plantensappen vanuit het floëem opzuigen. De meest gekende bladluizen in de aardbeienteelt zijn de aardbeiknotshaarluis (*Chaetosiphon fragaefolii*), de perzikluis (*Myzus persicae*) en de sjalottenluis (*Myzus ascalonicus*), maar ook andere soorten, zoals de gele rozenluis (*Rhodobium porosum*), de aardappeltopluis (*Macrosiphum euphorbiae*) en de katoenluis (*Aphis gossypii*) worden geregeld op aardbeiplanten aangetroffen. Bladluizen worden als schadelijk aanzien om dat ze zorgen voor groeiremming en soms ook bladmisvorming. De sjalottenluis produceert een giftig speeksel dat bladmisvormingen mee veroorzaakt. Bij de andere bladluizen is de groeiremming eerder beperkt. Verder staan bladluizen bekend als vector voor tal van virussen. Grootste schade wordt veroorzaakt door bevuilding van het blad met geproduceerde honingdauw. Deze honingdauw creëert goede groei en kiemcondities voor schimmelziekten (Van Liefferinge, 2015).

Op het Proefcentrum Hoogstraten werd bij een hoge druk van bladluis getest of UV-C een onderdrukkend effect hierop bezit. In deze proef werden 4 dagdosissen (30, 60, 120, 200 J/m²) toegepast iedere keer op maandag-woensdag-vrijdag en dit vier weken lang. Bij iedere controle werden steeds dezelfde planten gescoord op de aantasting door bladluis. Na vier weken was er nergens een daling in aantasting zichtbaar. UV-C behandeling aan deze dosissen lijkt niet nadelig voor bladluis (Vervoort et al., 2018).

5.4.5 Trips

Tripsen zijn kleine insecten, waarvan volwassen individuen donkerbruin gekleurd zijn en de larven crèmekleurig gekleurd. Meerdere soorten vormen een bedreiging voor de aardbeienteelt. De meest voorkomende is de tabaktrips (*Thrips tabaci*), maar de grootste schade wordt veroorzaakt door de Californische trips (*Frankliniella occidentalis*). Volwassen Californische tripsen en de larven verstoppen zich in de gesloten bloemknoppen. Ze prikken in de bloembodem en injecteren er toxisch speeksel in. Daardoor ontstaan later misvormde vruchten. Bij de

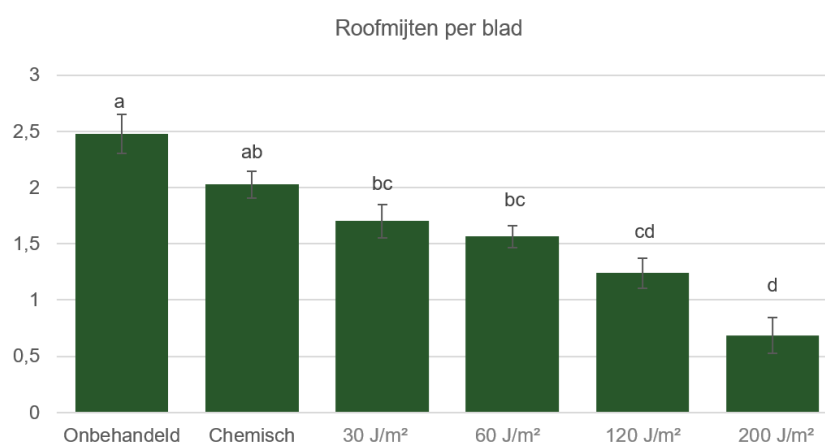
aangetaste vruchten is de distale zone van de aardbei ingesnoerd. Bij zware infectiedruk kan het vruchtbeginsel volledig vernietigd worden, zodat er zich geen vruchten kunnen vormen. Tabaktrips zorgt ook voor een aantasting van de vruchten. De vruchthuid wordt dof en stug en verkleurt bij onrijpe vruchten bruin, bij verder rijpen van de vruchten, ontstaan scheurtjes in de opperhuid. Trips is moeilijk chemisch te behandelen omdat tripsen vooral schade in de bloemen veroorzaken. Dit betekent dat de bestrijding vooral in de bloei moet gebeuren. Omdat de meeste erkende insecticiden schadelijk zijn voor de bestuivers, mag men deze middelen dan niet meer toepassen. Daarnaast leiden tripsen een verborgen leven waardoor ze moeilijk door insecticiden te raken zijn en hebben erkende producten enkel een effect op de volwassen individuen. Daarom wint de inzet van natuurlijke vijanden aan populariteit (Van Liefferinge, 2015).

Op het Proefcentrum Hoogstraten werden aardbeiplanten op vier momenten geïnoculeerd met trips om zo tot een populatie te komen van ongeveer 375 tripsen/m². De UV-C behandelingen werden drie maal per week s' nachts (ma, wo en vr) toegepast in 4 dosissen (30, 60, 120, 200 J/m²). Op drie momenten werden telkens 20 bloemen geoogst om het aantal trips te bepalen. In deze proef werd geen resultaten bekomen die aantonen dat bovenstaande UV-C dosissen een invloed hebben op de tripspopulatie (Vervoort et al., 2018).

5.4.6 Roofmijten en roofwantsen

UV-C licht heeft geen invloed op de populatie trips. Om deze voldoende te bestrijden zullen er bijkomende maatregelen genomen moeten worden. Een mogelijkheid is het inzetten van roofmijten en roofwantsen. In 2018 werd in het Proefcentrum Hoogstraten getest of UV-C licht gecombineerd kan worden met een dergelijk IPM schema. Roofmijten (*Amblydromalus limonicus*) werden twee keer uitgestrooid aan een dosis van 50 individuen/m². Vier UV-C dosissen (110, 220, 440, 730 J/m²) werden drie maal per week toegediend en dit in een proef s' nachts en overdag. Uit de resultaten bleek dat UV-C een dalend effect heeft op de roofmijten populatie. Ook hier werd een groter effect s' nachts teruggevonden (Vervoort et al., 2018). In Figuur 16 worden de resultaten van behandeling s' nachts weergegeven.

Ook werd getest of UV-C licht een invloed had op de roofwantsen (*Orius laevigatus*). Dezelfde proefopzet overdag werd gebruikt om dit te testen. Het aantal roofwantsen werden geteld in de bloem. Uit de proef bleek dat er geen aanwijzing was dat roofwantsen aangetast worden door de toegepaste dosissen UV-C. Effecten op roofwantsen werden slechts eenmalig getest. Meerdere resultaten zijn nodig om deze resultaten te bevestigen (Proefcentrum Hoogstraten jaarverslag 2018).



Figuur 16: Aantal roofmijten per blad na toedienen verschillende dosissen UV-C licht (proefcentrum Hoogstraten jaarverslag 2018).

6 Materiaal en Methoden

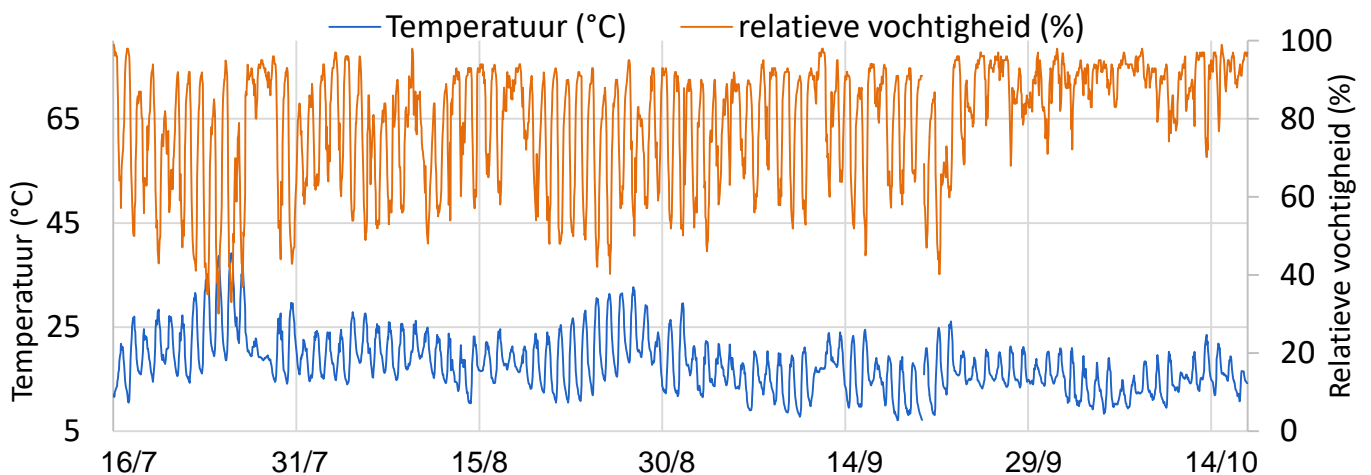
6.1 Plantmateriaal en teeltomstandigheden

Op 16 juli 2019 werden trayplanten cultivar Elsanta uitgeplant in bakken met een volume van 8 l. De planten werden uitgeplant aan 12 planten per lopende meter (10 planten/m²) en een rijafstand van 1,2 m. Voor deze najaarsteelt werden de planten geplaatst in een plasticserre met een goothoogte van 5,5 m.

In Tabel 2 zijn twee voedingsoplossing weergegeven. Hierbij wordt gestart met het bovenste schema zie Tabel 2. Bij het verschijnen van de eerste witte vruchten wordt er overgeschakeld naar het tweede schema. Hierbij is vooral de verhouding K/Ca van belang voor een goede vruchtvorming (Gallace & Lieten, 2018). Het fertigatiewater wordt toegediend via druppellaars met telkens een gift van 100 ml per druppelaar. De frequentie wordt gestuurd via het drainpercentage, bij somber weer streeft men naar een drainpercentage van 10-15%, bij zonnig weer streeft men naar 20-25%. Daarnaast streeft men voor het drainwater naar een elektrische geleidbaarheid (EC) van 1,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Ook werd er tijdens de groei lichtafhankelijk CO₂ bemesting toegepast dit naar 800 ppm. Het klimaat werd automatisch gestuurd, de relatieve vochtigheid en temperatuur gedurende de teeltperiode worden weergegeven in Figuur 17. Merk hierbij vooral de twee hittegolven op, de eerste rond 26/7 en de tweede rond 26/8.

Tabel 2: Voedingsoplossing toegediend tijdens 2 fenologische stadia van de teelt, voor de het verschijnen van de eerste witte vruchten en de periode daarna.

	K	Mg	Ca	NH ₄	NO ₃	P	Cl	SO ₄	HCO ₃	Fe	Mn	Cu	Zn	B	Mo
	mmol/l										$\mu\text{mol}/\text{l}$				
Start	5,32	1,21	3,15	0,97	11,13	0,97	0,0	1,45	0,0	37,5	25	0,75	7,0	15,0	0,5
Oogst	6,82	1,14	2,95	0,00	10,45	0,91	0,0	1,82	0,0	37,5	25	0,75	7,0	15,0	0,5



Figuur 17: Verloop van de temperatuur en relatieve vochtigheid vanaf het uitplanten tot het einde van de oogst. Data werden ieder uur geregistreerd.

6.2 Proefopzet

6.2.1 Proef 1

Er werden 8 verschillende fungicide schema's getest in vier herhalingen (**Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**). De behandelingen startten op 29/7. In de week hiervoor was er een hittegolf geweest. Hierdoor stond het gewas al ver in zijn ontwikkeling en werd in de eerste proefweek (op 2/8) een tweede fungicide behandeling uitgevoerd. Alle fungicide spuitbehandelingen werden op maandag uitgevoerd.). De behandelingen werden uitgevoerd m.b.v. een rugsproeier.

Om de ziektedruk in het gewas niet te hoog te laten oplopen werden de rijen die buiten de proef vallen ook behandeld dit op 3/7 met Candit, 7/8 met Takumi, 14/8 en 12/9 met Luna Sensation en 28/8 met Topaz. De oogstperiode begon op 23 augustus en liep door tot 16 oktober.

6.2.2 Proef 2

Er werden 11 verschillende behandelingen getest in vier herhalingen (**Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**). De behandelingen startten op 29/7. In de week hiervoor was er een hittegolf geweest. Hierdoor stond het gewas al ver in zijn ontwikkeling en werd in de eerste week op 2/8 een tweede fungicide behandelingen uitgevoerd. Alle fungicide spuitbehandelingen werden op maandag uitgevoerd. In tegenstelling tot proef 1 werden hier biologische producten als fungicide ingezet.

Behandelingen met de UV robot werden uitgevoerd na schemering (zon 6° onder de horizon). Deze werden ofwel één (woensdag) of drie (maandag, woensdag en vrijdag) keer in de week uitgevoerd afhankelijk van het behandelingschema. Het laatste cijfer duidt op de dosis die wordt toegediend uitgedrukt in J/m^2 . De dosis wordt bepaald door de snelheid van de robot. Bij een snelheid van 0,5 en 1 km/h worden de planten blootgesteld aan een respectievelijke dosis van afgerond 220 en 110 J/m^2 (zie verder). Om de ziektedruk voor meeldauw in het gewas niet te hoog te krijgen werden de rijen die buiten de proef vallen ook behandeld dit op 3/7 met Candit, 7/8 met Takumi, 14/8 en 12/9 met Luna Sensation en 28/8 met Topaz.

De oogstperiode begon op 23 augustus en liep door tot 16 oktober.

In deze proef werd getest of UV-C licht een invloed heeft op de populatie roofmijten. Op 30 juli en 5 augustus werden er roofmijten (*A. limonicus*) uitgezet, telkens aan een dosis van $50/m^2$.

6.2.2.1 UV-C dosis en robot

De UV-robot bezit aan elke kant drie Philips TUV PL-L 55W lampen gemonteerd in een aluminium lampenkap. Het licht afkomstig van deze lampen bezit een hoge piek op een golflengte van 254 nm. De bovenste lamp hangt ter hoogte van de bovenste bladeren, de middelste lamp hangt ter hoogte van stengelbasis en de laagste lamp hangt ter hoogte van de vruchten. Om te bepalen welke dosis er aan de planten gegeven wordt, werd er een UV-meter (Opsytec RM-22) geplaatst. Vervolgens werd er met de robot langsgereden met een afstand van 20 cm en aan een snelheid van 1 km/h. Per 2 cm werd de sensor verhangen om zo een beeld te krijgen van de gegeven dosis over de hele plant. De waarden zijn weergegeven in Figuur 18 waarbij een maximale dosis van $108 J/m^2$ werd verkregen ter hoogte van de middelste lamp. De maximale UV-dosis bedroeg $110 J/m^2$. Door de snelheid te halveren worden de planten blootgesteld aan een dubbele dosis. In proef 2 werd er behandeld met een dosis van $110 J/m^2$ en $220 J/m^2$ UV.



Figuur 18: Schematische voorstelling voor het toedienen van de UV-C dosis en gegeven dosissen per hoogte, tussen de waarden is een hoogteverschil van 2 cm. Dosissen worden weergegeven als J/m^2 en werden gemeten met een Opsytec RM-22 UV-meter die op 20 cm van de lampen werd opgesteld.

6.3 Waarnemingen

6.3.1 Meeldauw

Waarnemingen naar echte meeldauw gebeurden op 26 augustus, 9 september en 23 september. Deze werden gescoord naar de aantasting onderaan het blad. Er werd een procentuele inschatting gemaakt van de oppervlakte die aangetast was. Twee van de drie bladschijven werden gecontroleerd en de waarde voor de meest aangetaste bladschijf werd genoteerd. Scores van 0, 1, 2, 3, 4 en 5 waren mogelijk, deze staan respectievelijk voor een aantasting van de bladschijf van 0%, 0-10%, 10-25%, 25-50%, 50-75%, 75-100%.

Gebaseerd op deze scores werd vervolgens de ziekte index (ZI) berekend. Objecten met een hogere ziekte index zijn zwaarder aangetast door meeldauw.

$$ZI (\%) = \frac{a * 0 + b * 1 + c * 2 + d * 3 + e * 4 + f * 5}{(a + b + c + d + e + f) * 5} * 100$$

- Met: a aantal bladeren met score 0
 b aantal bladeren met score 1
 c aantal bladeren met score 2
 d aantal bladeren met score 3
 e aantal bladeren met score 4
 f aantal bladeren met score 5

Voor iedere behandeling werd op het einde eveneens de werkingsgraad (WG) berekend volgens:

$$WG (\%) = \frac{x - y}{x} * 100$$

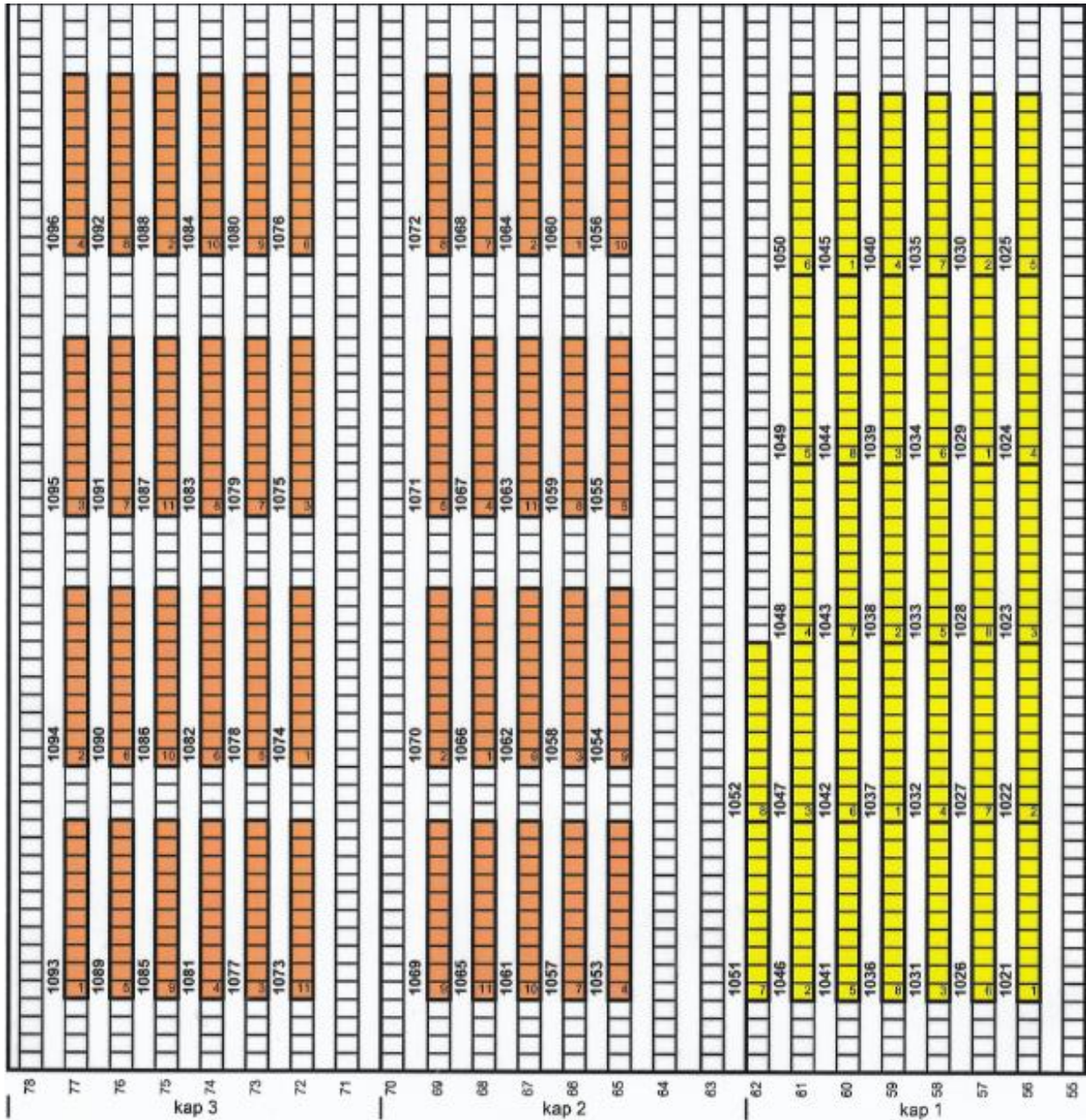
Met: x ziekte index van het onbehandelde perceel
y ziekte index van het te onderzoeken perceel

Objecten die een hogere werkingsindex bezitten werden behandeld met producten die efficiënter waren in de bestrijding van meeldauw.

6.3.2 Spint en roofmijten

Op 12 september werden de roofmijten (*A. limonicus*) geteld. Deze telling gebeurde aan de onderzijde van twee van de drie bladschijven. Per object werden er 30 bladeren gecontroleerd. In het gewas was ook een natuurlijke infectie van spint aanwezig. Op 19 september werden deze gescoord. Er zijn vijf scores mogelijk: (1) geen spint, (2) 1-4 spinten per blad, (3) 5-19 spinten per blad, (4) 20 en meer spinten per blad en als laatste (5) de vorming van web als zwaarste aantasting. Ook deze scores gebeurden aan de onderzijde van twee van de drie bladschijven. Per object werden er 20 bladeren gecontroleerd. Voor spint wordt ook de ziekte index berekend (zie 6.3.1)

6.3.3 Proefopstelling en behandelingschema



Figuur 19: Proefopstelling waarbij elk vierkantje een bak voorstelt het getal in het eerste vakje van elk object wijst op de behandeling (zie tabel 4). Proef 2 is oranje gekleurd en proef 1 is geel gekleurd.

Tabel 3: Behandelingschema voor proef 1 en 2. Volgende dosissen werden gebruikt: Vacciplant (0,750l/ha), Fytosave (2,500l/ha), Romeo (0,750kg/ha), Candit (0,300kg/ha), Takumi (0,188kg/ha), Luna Sensation (0,800l/ha), Topaz (0,500l/ha), Karma (3,000kg/ha), Signum (1,800kg/ha), Flint (1,500kg/ha) en Systhane (0,500l/ha). In proef 79 object 1 dient als controle voor beide proeven. Bij UV-C behandeling in proef 2 duidt het eerste cijfer op het aantal behandelingen per week, het laatste cijfer op de dosis.

weken		31a	31b	32	33	34	35	36	37	38	39		
proef	object	Fungicide behandeling											
1	1 (onbehandeld)	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	2 (IPM 1)	Vacciplant	Vacciplant + Candit	Vacciplant	Vacciplant + Luna Sensation	Vacciplant	Karma	Karma	Karma	Karma	Karma	Karma	
	3 (IPM 2)	Fytosave	Fytosave + Candit	Fytosave	Fytosave + Luna Sensation	Fytosave	Karma	Karma	Karma	Karma	Karma	Karma	
	4 (IPM 3)	Romeo	Romeo + Candit	Romeo	Romeo + Luna Sensation	Romeo	Karma	Karma	Karma	Karma	Karma	Karma	
	5 (Red. chemie)	/	Candit	/	Luna Sensation	/	Karma	Karma	Karma	Karma	Karma	Karma	
	6 (bio)	Fytosave	Vacciplant	Fytosave	Vacciplant	Fytosave	Karma + Vacciplant	karma + Vacciplant	Karma + Vacciplant	Karma + Vacciplant	Karma + Vacciplant	Karma + Vacciplant	
	7 (chemie)	Takumi	Candit	Takumi	Luna Sensation	Topaz	Signum	Flint	Topaz	Flint	Systhane		
	8 (bio stop)	Fytosave	Vacciplant	Fytosave	Vacciplant	Fytosave	Karma	Karma	Karma	Karma	Karma	Karma	UV-C behandeling (J/m ²)
2	2 (3x110)	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	3x110
	3 (1x110 bio)	Fytosave	Vacciplant	Fytosave	Vacciplant	Fytosave	Karma + Vacciplant	Karma + Vacciplant	Karma + Vacciplant	Karma + Vacciplant	Karma + Vacciplant	Karma + Vacciplant	1x110
	4 (1x110 Red. bio1)	/	/	/	/	/	Karma	Karma	Karma	Karma	Karma	Karma	1x110
	5 (1x110 Red. bio2)	/	/	/	/	/	Karma	/	Karma	/	/	/	1x110
	6 (3x 110 bio)	Fytosave	Vacciplant	Fytosave	Vacciplant	Fytosave	Karma + Vacciplant	Karma + Vacciplant	Karma + Vacciplant	Karma + Vacciplant	Karma + Vacciplant	Karma + Vacciplant	3x110
	7 (3x110 Red bio1)	/	/	/	/	/	Karma	Karma	Karma	Karma	Karma	Karma	3x110
	8 (3x110 Red bio2)	/	/	/	/	/	Karma	/	Karma	/	/	/	3x110
	9 (1x220 bio)	Fytosave	Vacciplant	Fytosave	Vacciplant	Fytosave	Karma + Vacciplant	Karma + Vacciplant	Karma + Vacciplant	Karma + Vacciplant	Karma + Vacciplant	Karma + Vacciplant	1x220
	10 (1x220 Red bio1)	/	/	/	/	/	Karma	Karma	Karma	Karma	Karma	Karma	1x220
	11 (1x220 Red bio2)	/	/	/	/	/	Karma	/	Karma	/	/	/	1x220 J/m ²

6.4 Statistische verwerking

Het effect van de behandelingen (proef 1 en 2) op de onderdrukking van meeldauw en eventuele effecten op het gewas en andere organismen werd geanalyseerd met het statistisch programma SPSS. Om de verschillende objecten met elkaar te vergelijken werd steeds er van de nulhypothese uitgegaan, die ervan uitgaat dat er geen verschillen voorkomen tussen de verschillende objecten. Scores die gegevens naar aantasting van meeldauw, spint en sortering van de vruchten bepalen zijn ordinale waarden. Bij de statistische verwerking van deze gegevens werd er gebruik gemaakt van de niet-parametrische Kruskal-Wallis test. Bij deze test wordt de mediaan van elk object met elkaar vergeleken. Met een Dunn test wordt later onderzocht welke objecten van elkaar verschillen.

Bij berekeningen zoals de ziekte index en werkingsgraad wordt er eerst gekeken of zij aan de normaliteitsvoorwaarden voldoen, in dat geval moet er aan twee voorwaarden voldaan worden namelijk: een normale verdeling en homoscedasticiteit. De verdeling wordt nagegaan aan de hand van een Shapiro-Wilk test. Homoscedasticiteit wordt nagegaan met behulp van een Levene test.

Indien er voldaan is aan beide voorwaarden wordt er gebruik gemaakt van een one-way ANOVA test. Bij deze test wordt het gemiddelde van de objecten met elkaar vergeleken. Met een Tukey test wordt later onderzocht welke objecten van elkaar verschillen. Indien er niet voldaan wordt aan de twee normaliteitsvoorwaarden kon er geen gebruik gemaakt worden van de one-way ANOVA test. In dat geval wordt er gebruik gemaakt van de Kruskal-Wallis test gevolgd door een Dunn test.

Om de kans op een type I fout te verlagen werd bij verschillende analyses gebruik gemaakt van de Bonferroni correctie, dit zowel voor de Dunn test als de Tukey test. De kans voor een type I fout wordt hoger wanneer meerdere hypothesen werden getest. Bij al de uitgevoerde testen is gebruik gemaakt van een significantie niveau van 5%.

7 Resultaten en bespreking

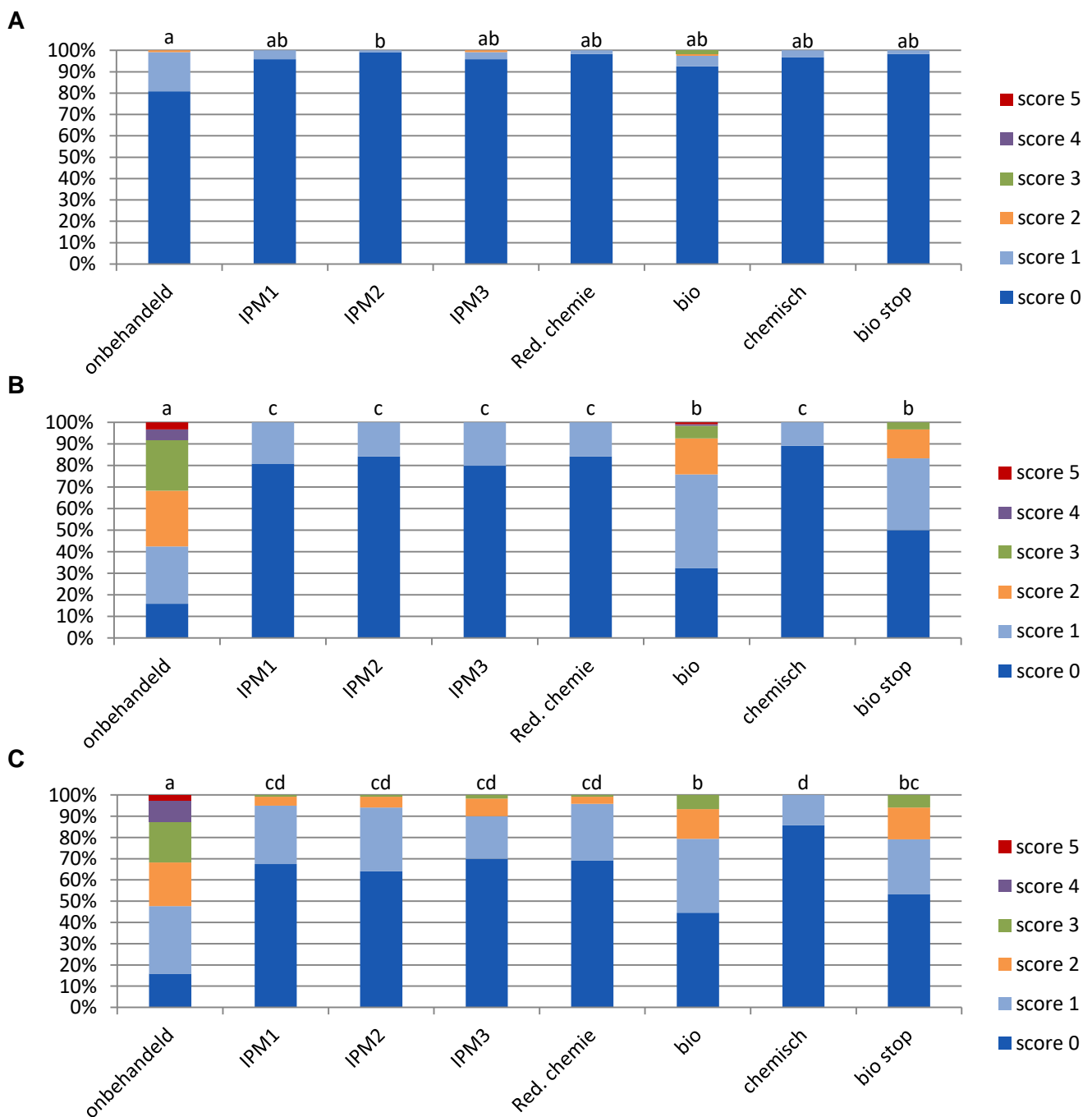
7.1 Proef 1 – Effect van verschillende IPM en biologische bestrijdingstechnieken

In deze proef werden enkele fungicide schema's opgenomen die rekening houden met de problematiek omtrent residuen en resistentievorming. In deze proef werden er twee biologische fungicide schema's getest namelijk bio (object 6) en bio stop (object 8) (Tabel 3). Deze verschillen t.o.v. elkaar doordat in object 6 Vacciplant werd gecombineerd met Karma gedurende de oogst, terwijl bij het schema in object 8 (bio stop) enkel Karma werd toegepast tijdens de oogstperiode. Daarnaast hebben we één volledig chemisch fungicide schema (object 7). Hier is maximaal rekening gehouden met vereiste wachttijden en minimale resistentie opbouw. Ook werden er vier schema's (Red. chemie, IPM 1, IPM 2 en IPM 3) getest met een verlaagd gebruik aan chemische middelen. Bij Red. chemie (object 5) wordt er twee maal een chemische fungicide behandeling toegepast voor oogst. Gedurende de oogstperiode wordt er wekelijks behandeld met Karma. De IPM 1, IPM 2 en IPM 3 schema's verschillen t.o.v. het schema red. chemie doordat voor oogst het schema wekelijks wordt aangevuld met respectievelijk Vacciplant, Fytosave en Romeo. Voor het volledige behandelingschema zie Tabel 3.

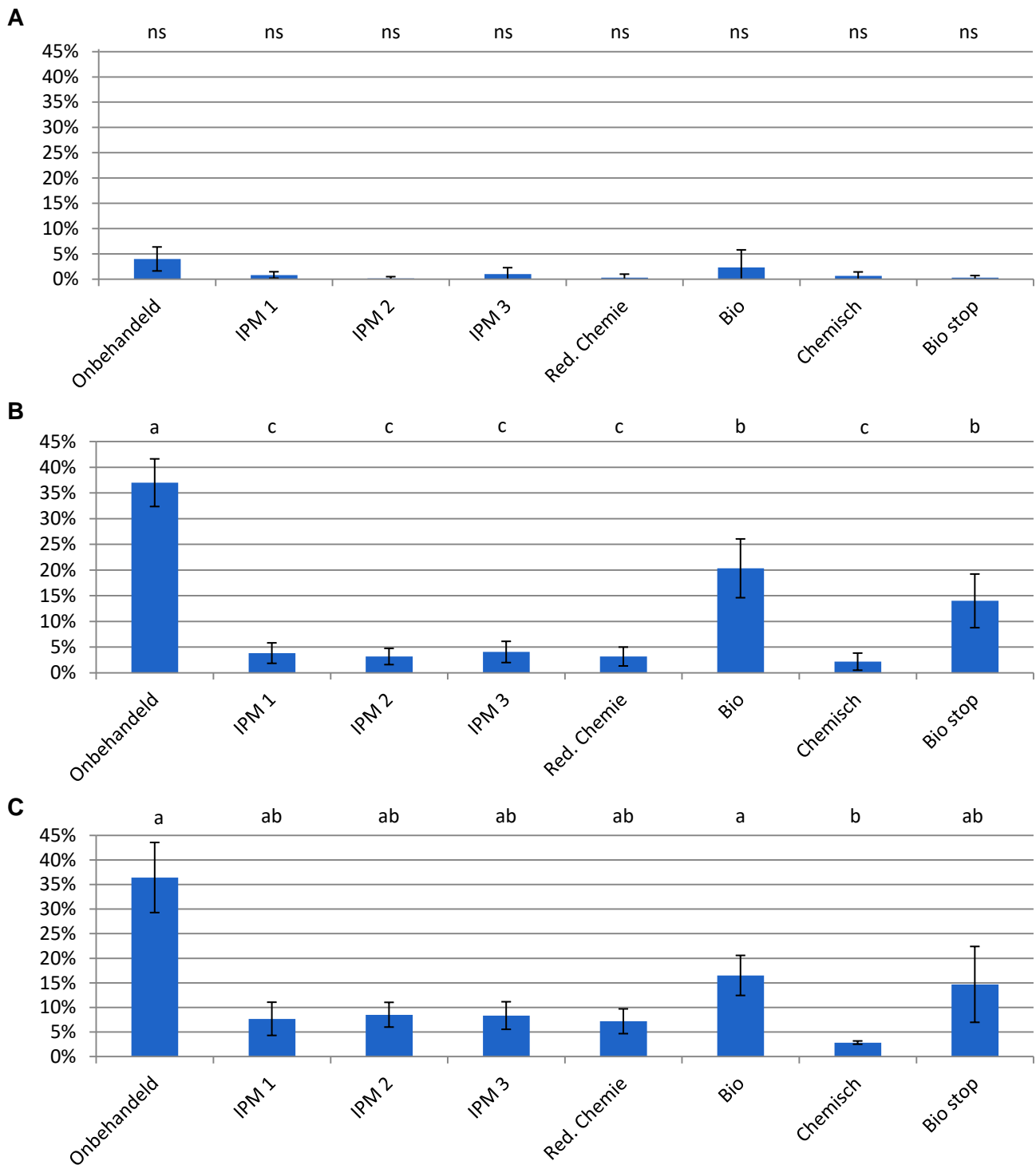
7.1.1 Effect op de ontwikkeling van de meeldauwaantasting

Het verloop van de meeldauwaantasting tijdens het teeltseizoen is te zien in Figuur 20 en Figuur 21. Er werd op drie tijdstippen gescoord en gedurende de proef is er een duidelijke ontwikkeling van meeldauw in het gewas teruggevonden. Tijdens de eerste waarneming was er een ziekte index van 4% voor de onbehandelde controle planten, terwijl deze opliep tot 36% bij de laatste waarneming (Figuur 21). Al de fungicide schema's bezitten een duidelijke onderdrukking van de meeldauwaantasting als deze vergeleken worden met de onbehandelde planten (Figuur 20, Figuur 21 en Figuur 22).

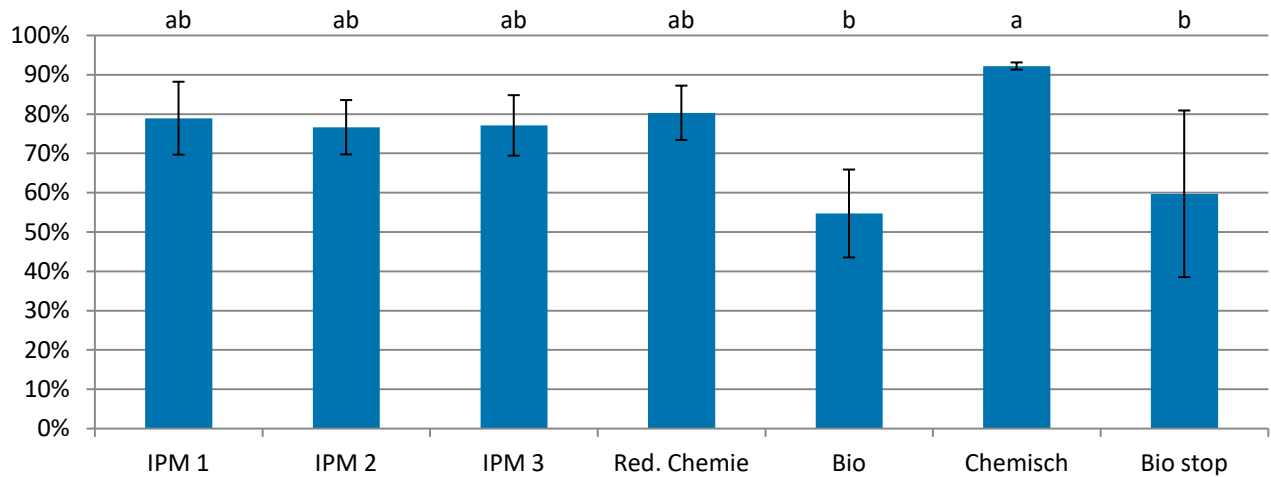
Naar effectiviteit van de bestrijding van meeldauw kunnen de schema's opgedeeld worden in drie groepen, rekening houdend met de ziekte index en de werkingsgraad (WG). Een eerste groep met de minst goede werking zijn de volledig biologische schema's (ziekte index 15%, WG 55-60%), gevolgd door een tweede groep met de drie IPM schema's en het Red. chemie schema (ziekte index 7%, WG 78%). Het volledig chemisch schema bezit de beste werking (ziekte index 2%, WG 92%) (Figuur 22).



Figuur 20: Proef 1 - Verloop van de aantasting door meeldauw op Elsanta. Per object zijn er vier herhalingen. Voor elke herhaling werden er 30 bladschijven gecontroleerd voor hun aantasting naar meeldauw. Er werd een score gegeven naar de oppervlakte die geïnfecteerd was met schimmelpuis. **Score 0:** 0% oppervlakte geïnfecteerd; **score 1:** 0-10% oppervlakte geïnfecteerd; **score 2:** 10-25% oppervlakte geïnfecteerd; **score 3:** 25-50% oppervlakte geïnfecteerd; **score 4:** 50-75% oppervlakte geïnfecteerd en **score 5:** >75% oppervlakte geïnfecteerd. Een eerste keer werden scores gegeven op 26 augustus (A), een tweede keer op 9 september (B) en een derde keer op 23 september (C). Objecten met eenzelfde letter bovenaan vertonen geen significante verschillen in scores naar meeldauw aantasting ($p = 0,05$). Letters werden bekomen door een Kruskal-Wallis test gevolgd door een Dunn test met Bonferroni correctie.



Figuur 21: Proef 1 - Verloop van de ziekte index op Elsanta voor meeldauw. De scores worden uitgedrukt t.o.v. de maximale aantasting voor exacte berekening zie 6.3.1. Op drie momenten werd de ziekte index bepaald een eerste keer op 26 augustus (**A**), een tweede keer op 9 september (**B**) en een derde keer op 23 september (**C**). Objecten met eenzelfde letter bovenaan vertonen geen significante verschillen naar ziekte index van meeldauw ($p = 0,05$). Letters werden bekomen door een Kruskal-Wallis test gevolgd door een Dunn test met Bonferroni correctie voor (**A en C**). Letters in **B** werden bekomen door een Anova test gevolgd door een Tukey test.



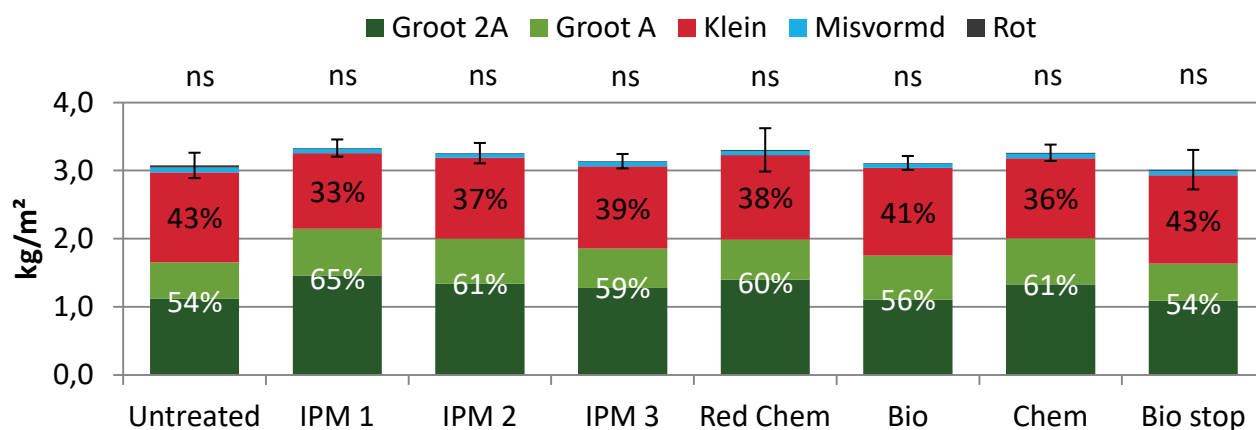
Figuur 22: Proef 1 - Werkingsgraad van de verschillende behandelingen op Elsanta tegen meeldauw. De werkingsgraad wordt uitgedrukt t.o.v. het onbehandelde object. Voor de exacte berekening zie 6.3.1. Deze werkingsgraden werden berekend voor de laatste waarnemingen op 23 september. Objecten met eenzelfde letter bovenaan vertonen geen significante verschillen naar werkingsgraad ($p = 0,05$). Letters werden bekomen door een Kruskal-Wallis test gevolgd door een Dunn test met Bonferroni correctie.

7.1.2 Effect op de productie en vruchtsortering

Fungiciden worden verondersteld geen fytoxische effecten te hebben en dus ook geen negatief effect op de productie en de sortering. Ook hier werden geen verschillen gevonden naar vruchtsortering en productie ondanks de verschillende effecten op de meeldauw ontwikkeling (Tabel 4 en Figuur 23). De productie varieerde van 3,10 kg/m² voor Bio stop tot 3,43 kg/m² voor IPM 1. De niet-behandelde plots met een hogere ziekte index (Figuur 21) behaalden een productie van 3,14 kg/m² terwijl de volledig chemische behandeling met de laagste ziekte index een productie van 3,38 kg/m² behaalden.

Tabel 4: Proef 1 - Productie en vruchtsortering bij aardbei Elsanta. Gegevens worden aangeduid met hun standaarddeviatie.

sortering object	Groot 2A (kg/m ²)	Groot A (kg/m ²)	Klein (kg/m ²)	Misvormd (kg/m ²)	Rot (kg/m ²)	Gewicht (kg/m ²)
onbehandeld	1,12 ± 0,13	0,55 ± 0,16	1,37 ± 0,07	0,07 ± 0,03	0,03 ± 0,03	3,14 ± 0,19
IPM 1	1,48 ± 0,27	0,74 ± 0,20	1,15 ± 0,16	0,06 ± 0,01	0,01 ± 0,00	3,43 ± 0,11
IPM 2	1,35 ± 0,03	0,72 ± 0,13	1,24 ± 0,04	0,06 ± 0,01	0,01 ± 0,00	3,37 ± 0,15
IPM 3	1,29 ± 0,15	0,61 ± 0,10	1,27 ± 0,16	0,07 ± 0,02	0,01 ± 0,00	3,24 ± 0,10
Red Chemie	1,40 ± 0,40	0,65 ± 0,08	1,29 ± 0,16	0,06 ± 0,03	0,01 ± 0,00	3,42 ± 0,33
Bio	1,10 ± 0,07	0,67 ± 0,08	1,34 ± 0,10	0,06 ± 0,02	0,01 ± 0,01	3,18 ± 0,12
Chemie	1,33 ± 0,05	0,74 ± 0,14	1,23 ± 0,15	0,06 ± 0,02	0,01 ± 0,00	3,38 ± 0,13
Bio stop	1,09 ± 0,20	0,57 ± 0,06	1,36 ± 0,18	0,07 ± 0,03	0,02 ± 0,02	3,10 ± 0,31



Figuur 23: Proef 1 - Invloed van de behandelingen op de productie en sortering op Elsanta. Gedurende de proef werd er twee keer per week geoogst op maandag en vrijdag. De geoogste vruchten werden per klasse gesorteerd en achteraf gewogen. De oogstperiode begon op 23 augustus en eindigde op 16 oktober. Bij de sortering zijn er vijf klassen: **groot 2A** (>35mm), **groot A** (35-31 mm), **klein** (31-18 mm), **misvormd** en **rotte** vruchten. Objecten vertoonden geen significante verschillen voor sortering en productie ($p = 0,05$). Gegevens voor sortering werden statistisch verwerkt met een Kruskal-Wallis test gevolgd door een Dunn test met Bonferroni correctie. Gegevens voor productie werden statistisch verwerkt met een one-way anova test gevolgd door een Tukey test.

7.2 Proef 2 – Effect van verschillende bestrijdingstechnieken, gecombineerd met UV-C

In deze proef werden drie verschillende wekelijkse UV-C dosissen getest namelijk een driedaagse toepassing van 110 J/m^2 en een eendaagse toepassing van 110 J/m^2 en 220 J/m^2 . Elke UV dosis wordt ook gecombineerd met drie biologische fungicide behandelingen (bio, red. bio1 en red bio2). Bio duidt op een aanvulling met een volledige biologische behandeling, red bio1 duidt op een aanvulling met wekelijks Karma gedurende de oogst en red bio2 duidt op een aanvulling van twee maal Karma tijdens de oogst. Ook werd een driedaagse toepassing van 110 J/m^2 zonder aanvulling van biologische middelen gebruikt als een controle naast een onbehandeld object. Voor het volledige behandelingschema zie Tabel 3.

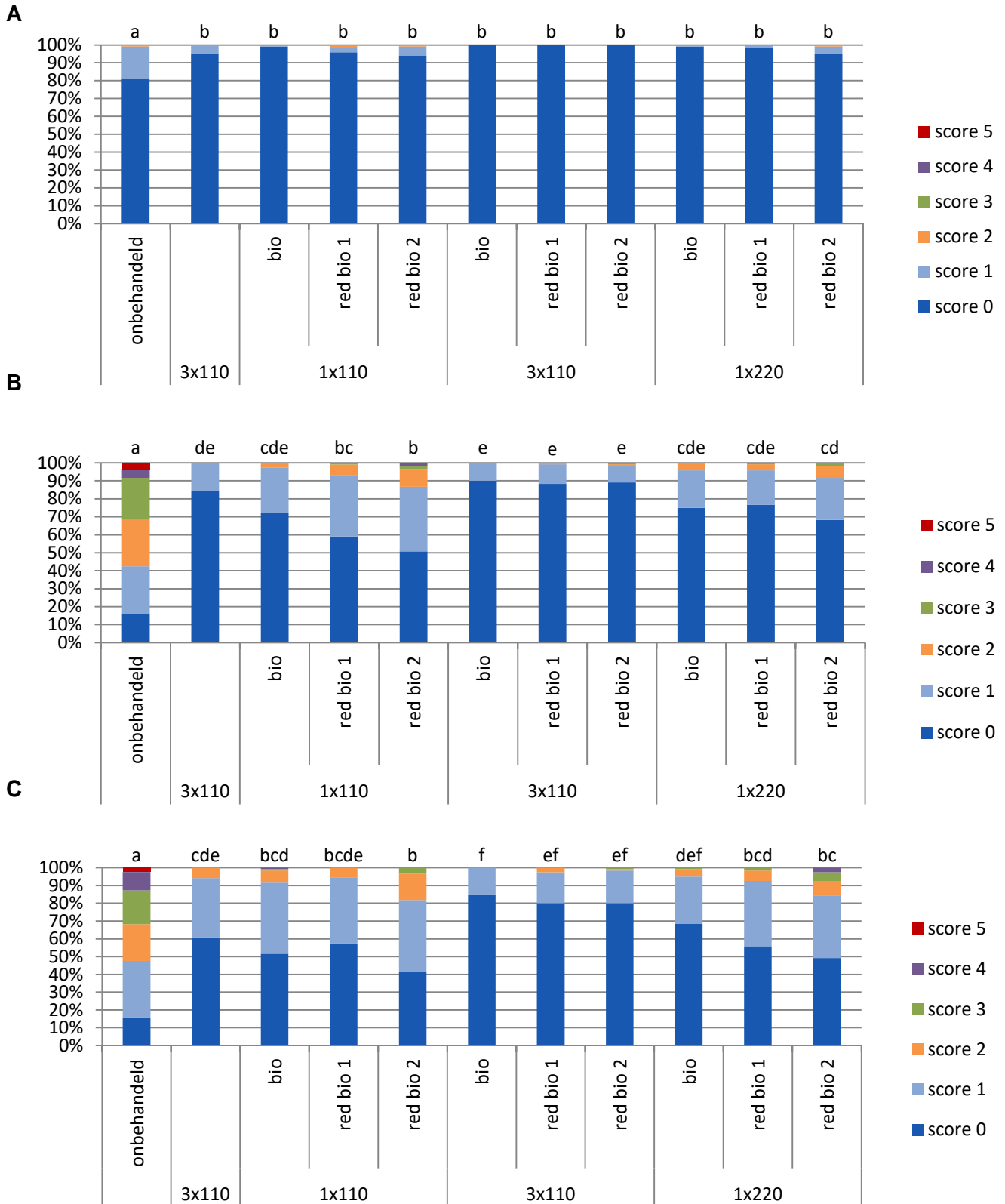
7.2.1 Effect op de meeldauwontwikkeling

Gedurende de proef werd op de planten drie keer met een tussenperiode van twee weken de meeldauwaantasting gescoord, dit verloop is weergegeven in Figuur 24 en Figuur 25.

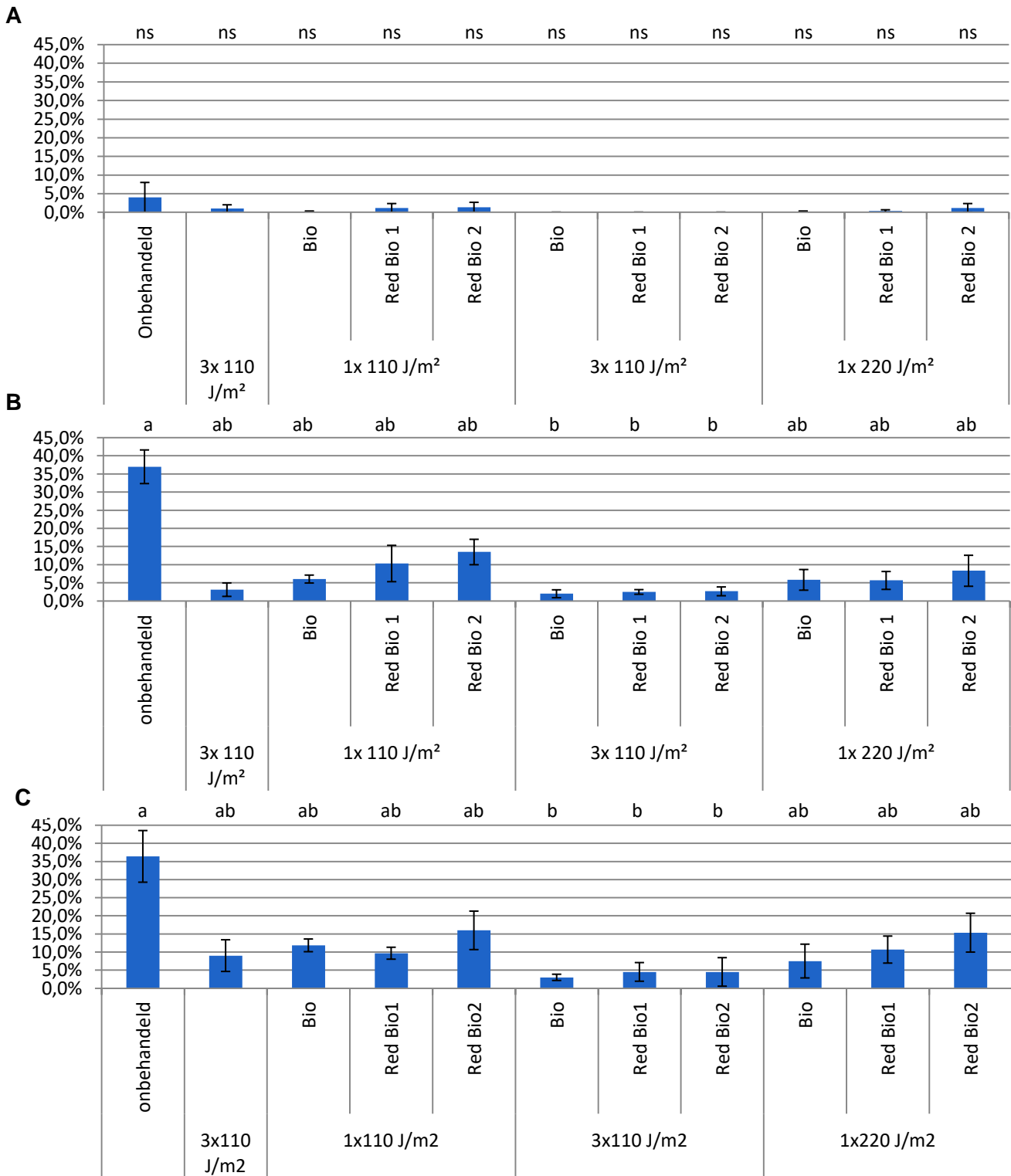
Gedurende de proef is er een duidelijke ontwikkeling van meeldauw in het gewas. Tijdens de eerste waarneming was er een ziekte index van 4% voor de onbehandelde controle, terwijl bij de laatste waarneming de ziekte index 36% bedroeg (Figuur 21). Al de fungicide schema's bezitten een duidelijke werking tegen meeldauw als deze vergeleken worden met de onbehandelde controle (Figuur 24, Figuur 25 en Figuur 26).

Voor wat betreft de werking van het UV licht is af te leiden dat het toedienen van $3 \times 110 \text{ J/m}^2$ het efficiëntst is in de bestrijding van meeldauw, gevolgd door $1 \times 220 \text{ J/m}^2$ en tot slot $1 \times 110 \text{ J/m}^2$.

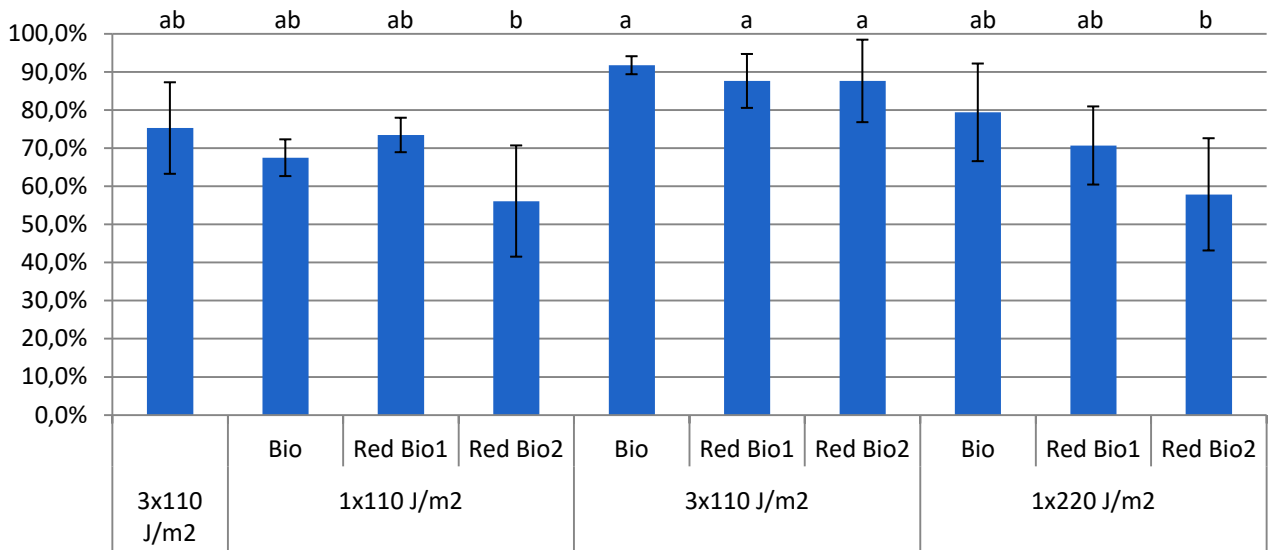
Het toevoegen van biologische fungicide aan een UV-C schema heeft een duidelijke meerwaarde. Zo bezit $3 \times 110 \text{ J/m}^2$ een werkingsgraad van 75% en $3 \times 110 \text{ J/m}^2 + \text{bio}$, $3 \times 110 \text{ J/m}^2 + \text{Red bio1}$ en $3 \times 110 \text{ J/m}^2 + \text{Red bio2}$ respectievelijke werkingsgraden van 91%, 87% en 87% (Figuur 25). Verder is er een niet-significante trend waarbij de aanvulling van de UV behandeling met een volledig biologisch schema (Bio) een beter werking bezit t.o.v. de gereduceerde biologisch schema's waarbij red bio1 een betere aanvulling is dan red bio2.



Figuur 24: Proef 2 - Verloop van de aantasting door meeldauw op Elsanta. Per object zijn er vier herhalingen. Voor elke herhaling werden er 30 bladschijven gecontroleerd voor hun aantasting naar meeldauw. Er werd een score gegeven naar de oppervlakte die geïnfecteerd was met schimmelpluis. **Score 0:** 0% oppervlakte geïnfecteerd; **score 1:** 0-10% oppervlakte geïnfecteerd; **score 2:** 10-25% oppervlakte geïnfecteerd; **score 3:** 25-50% oppervlakte geïnfecteerd; **score 4:** 50-75% oppervlakte geïnfecteerd en **score 5:** >75% oppervlakte geïnfecteerd. Een eerste keer werden scores gegeven op 26 augustus (A), een tweede keer op 9 september (B) en een derde keer op 23 september (C). Objecten met eenzelfde letter bovenaan vertonen geen significante verschillen in scores naar meeldauw aantasting ($p = 0,05$). Letters werden bekomen door een Kruskal-Wallis test gevolgd door een Dunn test met Bonferroni correctie.



Figuur 25: Proef 2 - Verloop van de ziekte index voor meeldauw op Elsanta. De scores worden uitgedrukt t.o.v. de maximale aantasting voor exacte berekening zie 6.3.1. Op drie momenten werd de ziekte index bepaald een eerste keer op 26 augustus (A), een tweede keer op 9 september (B) en een derde keer op 23 september (C). Objecten met eenzelfde letter bovenaan vertonen geen significante verschillen naar ziekte index van meeldauw ($p = 0,05$). Letters werden bekomen door een Kruskal-Wallis test gevolgd door een Dunn test met Bonferroni correctie.



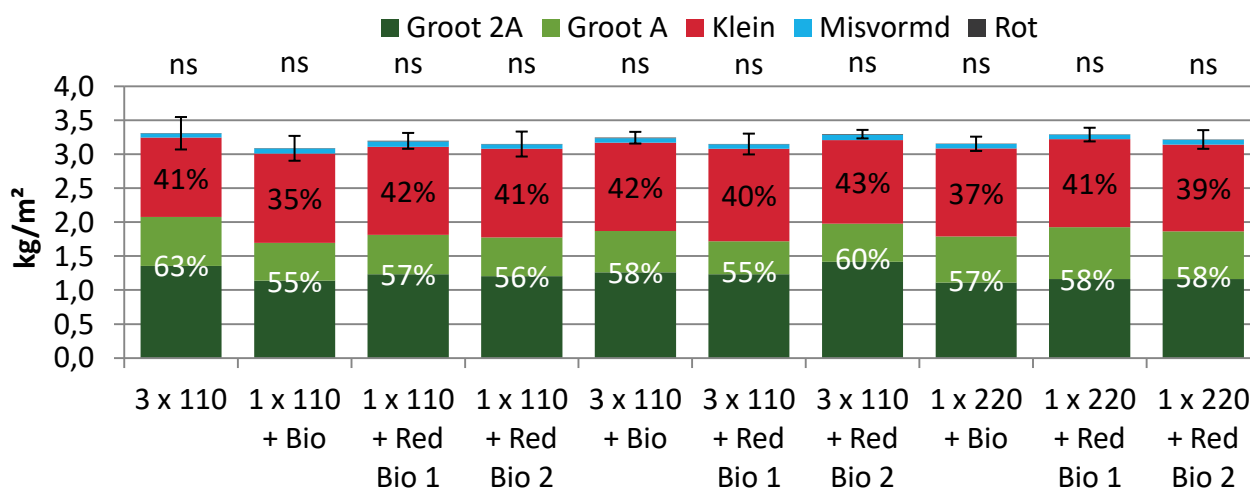
Figuur 26: Proef 2 - Werkingsgraad van de verschillende behandelingen op Elsanta tegen meeldauw. De werkingsgraad wordt uitgedrukt t.o.v. het onbehandelde object. Voor de exacte berekening zie 6.3.1. Deze werkingsgraden werden berekend voor de laatste waarnemingen op 23 september. Objecten met eenzelfde letter bovenaan vertonen geen significante verschillen naar werkingsgraad ($p = 0,05$). Letters werden bekomen door een Kruskal-Wallis test gevolgd door een Dunn test met Bonferroni correctie.

7.2.2 Effect op productie en vruchtsortering

UV-C licht heeft geen selectieve werking waardoor dit ook een fytotoxisch effect kan hebben op de aardbeiplanten. Schade aan de planten werd visueel niet waargenomen. Ook naar productie en sortering van de vruchten zijn er geen significante verschillen met de onbehandelde controle of tussen de verschillende UV dosissen onderling (Tabel 5). De gemiddelde productie varieerde van 3,09 kg/m² voor de behandeling 1 x 110 J/m² + bio tot 3,31 kg/m² voor de UV behandeling 3 x 110 J/m².

Tabel 5: Proef 2 - Productie en vruchtsortering bij aardbei Elsanta. Gegevens worden aangeduid met hun standaarddeviatie

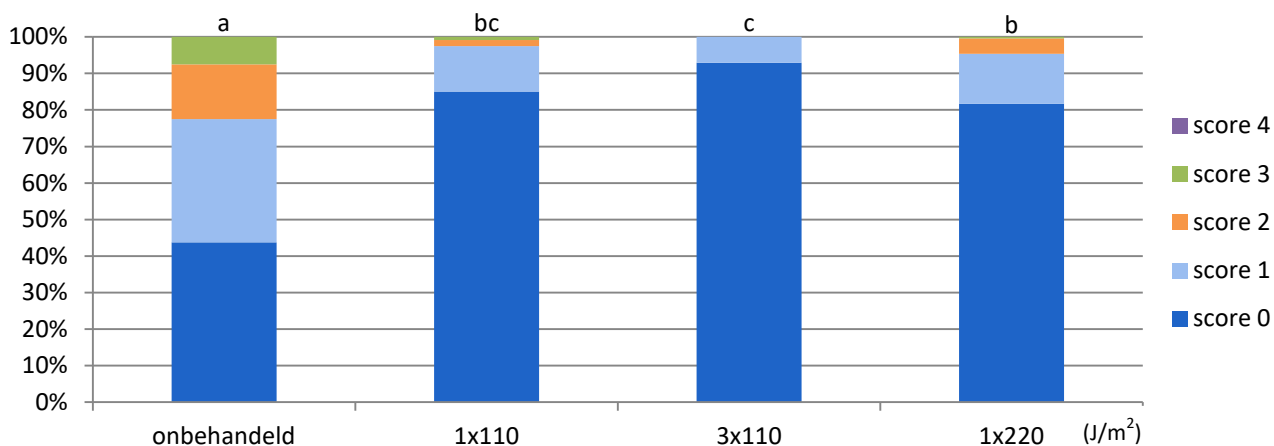
sortering object	Groot 2A (kg/m ²)	Groot A (kg/m ²)	Klein (kg/m ²)	Misvormd (kg/m ²)	Rot (kg/m ²)	Gewicht (kg/m ²)
onbehandeld	1,12 ± 0,13	0,55 ± 0,16	1,37 ± 0,07	0,07 ± 0,03	0,03 ± 0,03	3,14 ± 0,19
3 x 110	1,35 ± 0,17	0,72 ± 0,10	1,17 ± 0,05	0,06 ± 0,02	0,00 ± 0,00	3,31 ± 0,18
1 x 110 + Bio	1,14 ± 0,08	0,56 ± 0,11	1,31 ± 0,17	0,08 ± 0,01	0,01 ± 0,00	3,09 ± 0,12
1 x 110 + Red Bio 1	1,23 ± 0,09	0,58 ± 0,04	1,30 ± 0,12	0,08 ± 0,01	0,01 ± 0,00	3,20 ± 0,18
1 x 110 + Red Bio 2	1,21 ± 0,08	0,57 ± 0,15	1,31 ± 0,20	0,06 ± 0,03	0,01 ± 0,00	3,15 ± 0,09
3 x 110 + Bio	1,26 ± 0,03	0,61 ± 0,13	1,30 ± 0,05	0,07 ± 0,01	0,01 ± 0,00	3,24 ± 0,15
3 x 110 + Red Bio 1	1,23 ± 0,09	0,49 ± 0,05	1,36 ± 0,05	0,07 ± 0,01	0,01 ± 0,00	3,15 ± 0,06
3 x 110 + Red Bio 2	1,42 ± 0,14	0,56 ± 0,08	1,23 ± 0,16	0,08 ± 0,03	0,01 ± 0,00	3,30 ± 0,11
1 x 220 + Bio	1,11 ± 0,08	0,68 ± 0,08	1,30 ± 0,06	0,07 ± 0,01	0,00 ± 0,00	3,15 ± 0,10
1 x 220 + Red Bio 1	1,16 ± 0,13	0,76 ± 0,10	1,30 ± 0,12	0,07 ± 0,03	0,00 ± 0,00	3,29 ± 0,14
1 x 220 + Red Bio 2	1,16 ± 0,18	0,70 ± 0,10	1,28 ± 0,13	0,07 ± 0,02	0,00 ± 0,00	3,22 ± 0,11



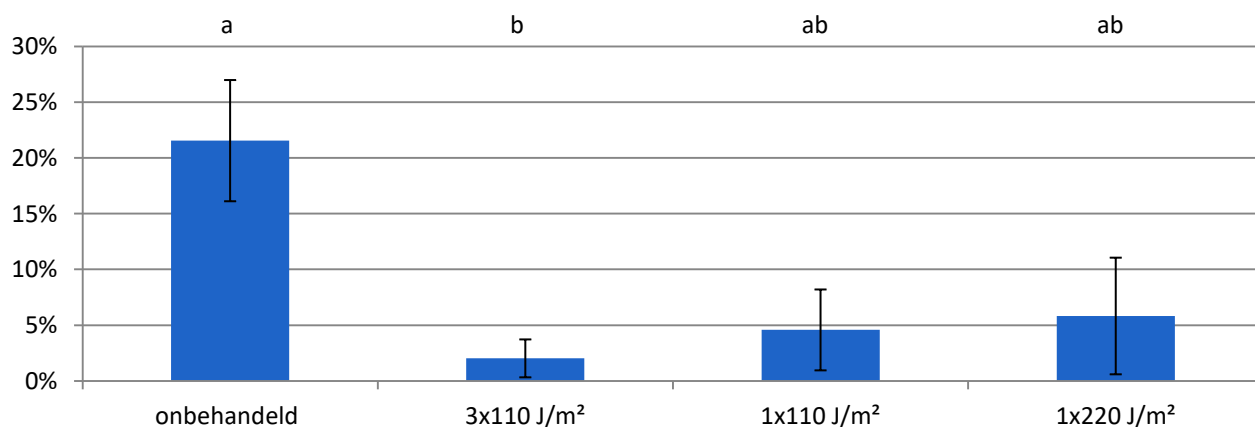
Figuur 27: Proef 2 - Invloed van de behandelingen op de productie en sortering voor Elsanta. Gedurende de proef werd er twee keer per week geoogst op maandag en vrijdag. De oogstperiode begon op 23 augustus en eindigde op 16 oktober. De geoogste vruchten werden per klasse gesorteerd en achteraf gewogen. Bij de sortering zijn er vijf klassen: **groot 2A** (>35mm), **groot A** (35-31 mm), **klein** (31-18 mm), **misvormd** en **rotte** vruchten. Objecten vertoonden geen significante verschillen voor sortering en productie ($p = 0,05$). Gegevens voor sortering werden statistisch verwerkt met een Kruskal-Wallis test gevolgd door een Dunn test met Bonferroni correctie. Gegevens voor productie werden statistisch verwerkt met een one-way anova test gevolgd door een Tukey test.

7.2.3 Invloed van UV-C licht op spint

UV-C licht heeft onder laboratorium omstandigheden een duidelijk negatief effect gehad op de populatie spintmijten. Ook in de praktijk werden soortgelijke effecten waargenomen. Ook in deze proef werd er een daling van de spint populatie waargenomen wanneer er behandeld werd met UV-C licht. Op de objecten met een toepassing van 3x110 J/m² werden het laagste aantal spintmijten teruggevonden. Ook 1x110 J/m² en 1x220 J/m² bezit een werking tegen spint, onderling is er nauwelijks verschil tussen beide technieken.



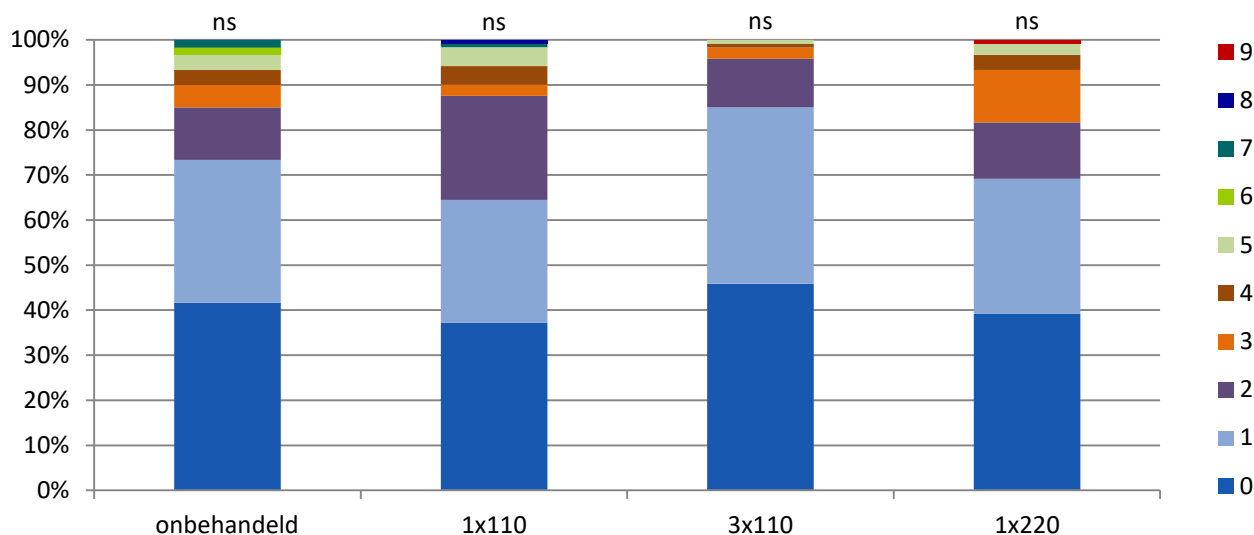
Figuur 28: Proef 2 – Spintaantasting op Elsanta voor verschillende UV-C dosissen. Op 19 september werden er per herhaling 20 bladschijven gecontroleerd. Voor 1x110 in de figuur werden de waarnemingen van objecten 3, 4 en 5 gebruikt. Voor 3x110 in de figuur werden de waarnemingen van objecten 2, 6, 7, en 8 gebruikt. Voor 1x110 in de figuur werden de waarnemingen van objecten 9, 10 en 11 gebruikt (zie tabel 3 proef 2). Scores per bladschijf werden als volgt gegeven: **score 0**: 0 spintmijten; **score 1**: 1-4 spintmijten; **score 2**: 4-19 spintmijten; **score 3**: > 20 spintmijten; **score 4**: vorming van web. Deze controle werd uitgevoerd op 19 september. UV-C dosissen met eenzelfde letter bovenaan vertonen geen significante verschillen naar scores spintaantasting ($p = 0,05$). Letters werden bekomen door een Kruskal-Wallis test gevolgd door een Dunn test met Bonferroni correctie.



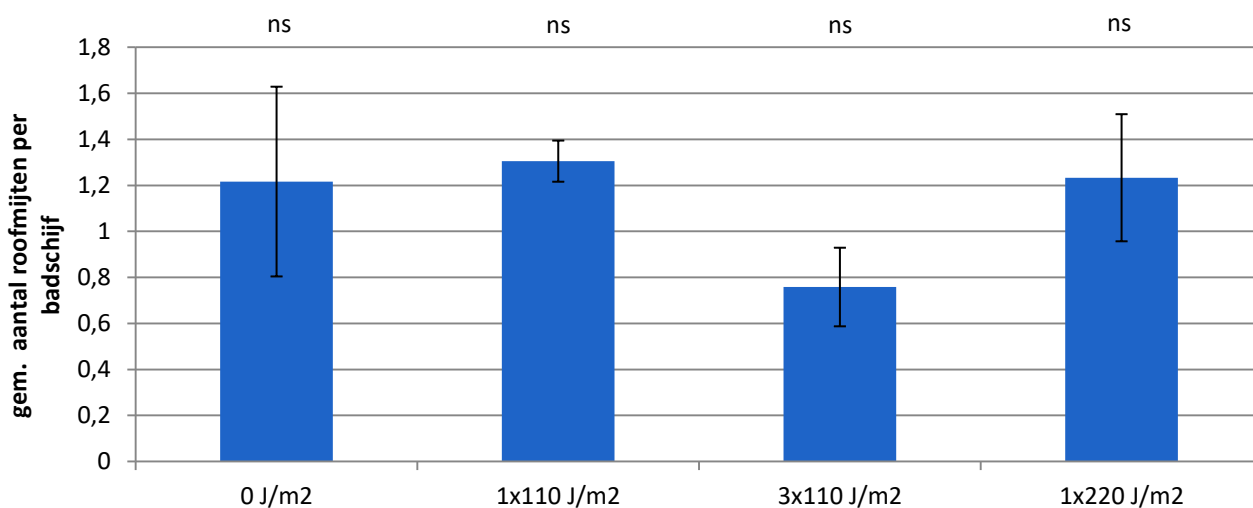
Figuur 29: Proef 2 - Ziekte index op Elsanta voor spintaantasting. De ziekte index wordt uitgedrukt t.o.v. de maximale aantasting voor exacte berekening zie 6.3.1. Voor 3x110 in de figuur werden de waarnemingen van objecten 2, 6, 7, en 8 gebruikt. Voor 1x110 in de figuur werden de waarnemingen van objecten 9, 10 en 11 gebruikt (zie tabel 3 proef 2). Objecten met eenzelfde letter bovenaan vertonen geen significante verschillen naar ziekte index spint ($p = 0,05$). Letters werden bekomen door een Kruskal-Wallis test gevolgd door een Dunn test met Bonferroni correctie.

7.2.4 Invloed van UV-C licht op roofmijten

In het verleden werd al een dalend effect van UV-C licht op de populatie roofmijten vastgesteld. In deze uitgevoerde proef werden ook roofmijten ingezet en blootgesteld aan de verschillende dosissen UV-C licht. In deze proef heeft enkel een belichting van 3x110 J/m² een dalend effect op de roofmijten populatie. Algemeen is het aantal roofmijten met een gemiddelde van 1,2 roofmijten per blad zeer laag.



Figuur 30: Proef 2 - Invloed van UV-C licht op het aantal roofmijten per bladschijf. Per herhaling werden er op 12 september 20 bladeren gecontroleerd naar het aantal roofmijten. Hier werd per blad telkens aan de onderzijde van twee bladschijven het aantal roofmijten geteld. Het hoogste aantal van beide bladschijven werd genoteerd. Per object zijn er vier herhalingen en voor objecten 1x110, 3x110 en 1x220 in de figuur werd het aantal roofmijten geteld in de respectievelijke objecten 1x110+bio, 3x110+bio en 1x220+bio (zie tabel 3 proef 2). Objecten met eenzelfde letter bovenaan vertonen geen significante verschillen naar aantal roofmijten ($p = 0,05$). Letters werden bekomen door een Kruskal-Wallis test gevolgd door een Dunn test met Bonferroni correctie.



Figuur 31: Invloed van UV-C licht op het gemiddelde aantal roofmijten per bladschijf. Per herhaling werden er op 12 september 20 bladeren gecontroleerd naar het aantal roofmijten. Hier werd per blad telkens aan de onderzijde van twee bladschijven het aantal roofmijten geteld. Het hoogste aantal van beide bladschijven werd genoteerd. Per object zijn er vier herhalingen en voor objecten 1x110, 3x110 en 1x220 in de figuur werd het aantal roofmijten geteld in de respectievelijke objecten 1x110+bio, 3x110+bio en 1x220+bio (zie tabel 3 proef 2). Het gemiddelde per herhaling werd bepaald. Objecten met eenzelfde letter bovenaan vertonen geen significante verschillen naar het gemiddeld aantal roofmijten ($p = 0,05$). Letters werden bekomen door een one-way anova test gevolgd door een Tukey test met Bonferroni correctie.

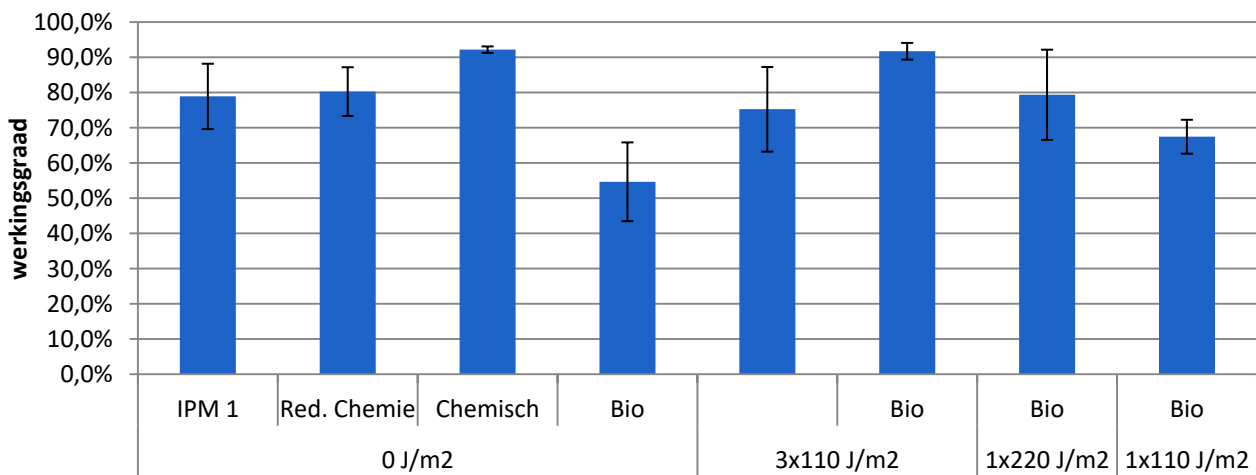
8 Discussie

8.1 Productie en vruchtsortering

In beide proeven werd gezocht naar schema's die een adequate bescherming bieden tegen aantasting voor meeldauw, zonder dat deze negatieve effecten op de productie en vruchtkwaliteit hebben. In beide proeven werden er geen verschillen teruggevonden naar productie en vruchtkwaliteit voor de verschillende behandelingen. Dit komt overeen met resultaten in de literatuur waarbij een meerwekelijks toepassing van 150 J/m² UV-C geen schade kon veroorzaken op het blad. Bij hogere dosissen (500 J/m²) werd wel een duidelijke verbranding van het blad waargenomen (Van Delm, Melis, Stoffels, & Baets, 2014).

8.2 Welke schema's hebben de beste werking tegen echte meeldauw

Al de gebruikte schema's bezitten een werking tegen echte meeldauw. Toch waren er nog verschillen in werkingsgraad tussen de verschillende schema's. In proef 1 haalde het chemische schema de beste werkingsgraad, in proef 2 was dit 3x110 J/m² + bio. Beide bezitten ze een gelijke werkingsgraad van ongeveer 92%. Ook de twee andere schema's 3x110 J/m² aangevuld met biologische middelen zorgde voor een voldoende bescherming van het gewas. De drie IPM schema's en het red. chemie schema (proef 1) bezitten voldoende bescherming om onder een ziekte index van 10% te blijven. Schema's met uitsluitend biologische fungiciden bieden onvoldoende bescherming in de bestrijding van meeldauw. Dit is mogelijks te wijten aan de zwakke werkingsgraad van het preventieve biologische middelen Vacciplant en Fytosave die voor oogst werden toegepast. Verder dient de UV-C behandeling meerdere malen per week toegepast te worden voor een voldoende bestrijding van meeldauw. Ook is het best om de UV-C schema's aan te vullen met Karma tijdens de oogst. Hierdoor stijgt de werkingsgraad van 77% naar 88% en daalt de ziekte index van 9% naar 4,5% (Figuur 25 en Figuur 26). Als 3x110 J/m² wordt vergeleken met 3x110 J/m² + Red. bio2 waarbij in de oogstperiode twee keer Karma werd toegepast



Figuur 32: Werkingsgraad van de verschillende behandelingen op Elsanta tegen meeldauw. De werkingsgraad wordt uitgedrukt t.o.v. het onbehandelde object. Voor de exacte berekening zie 6.3.1. Deze werkingsgraden werden berekend voor de laatste waarnemingen op 23 september.

8.3 Reductie van residuen op de vruchten

In beide proeven werden er schema's getest die zorgden voor geen of een verminderd gebruik van chemische middelen. Dit heeft als gevolg dat zowel het totale residu-gehalte als het aantal fungiciden die nog aangetroffen worden verminderd. Verder zorgt dit ervoor dat de resistentie opbouw tegen de bestaande middelen laag blijft en de fungiciden blijvend gebruikt kunnen worden als correctiemiddel bij een te hoge aantasting. In proef 1 werden er vier schema's met een verminderd gebruik van chemische middelen en twee schema's zonder het gebruik van chemische middelen opgenomen. Schema's zonder het gebruik van chemische middelen zorgen voor onvoldoende bescherming tegen meeldauw. De schema's die een verminderd aantal chemische middelen bevatten zorgen wel voor voldoende bescherming. In proef 2 werd geen gebruik gemaakt van chemische fungiciden. Hier werden goede resultaten behaald bij de schema's $3 \times 110 \text{ J/m}^2$ aangevuld met biologische middelen, ook $3 \times 110 \text{ J/m}^2$ en $1 \times 220 \text{ J/m}^2 + \text{bio}$ gaf voldoende bescherming.

8.4 Frequentie boven dosis bij UV-C

Eerder bleek al dat de UV-C toepassing een beloftevolle techniek is om in de praktijk toegepast te worden voor de bestrijding van meeldauw. In proef 2 werden er twee UV dosissen (110 J/m^2 en 220 J/m^2) en twee frequenties (één en drie maal per week) getest. Zo werden er wekelijks objecten behandeld met 110 J/m^2 , 220 J/m^2 of 330 J/m^2 . Indien de frequentie per week wordt verhoogd van één naar drie maal per week verlaagt de ziekte index van 16% naar 4,5% (proef 2 object 5 t.o.v. object 8 – zie ook Tabel 3). Met een verhoging van de dosis van 110 J/m^2 naar een dosis van 220 J/m^2 is er slechts een verlaging naar ziekte index van 16% naar 15,3% (proef 2 object 5 t.o.v. object 11). Hieruit blijkt dat de frequentie verhogen vele malen effectiever is dan de dosis per behandeling te verhogen. Dit stemt overeen met de resultaten van Suthaparan en Stensvand (2016) en Van Hemelrijck et al. (2010), waarin de frequentie ook belangrijker wordt geacht t.o.v. de dosis. Ook voor de bestrijding van spint en het afdoden van roofmijten is verhogen van de frequentie vele malen efficiënter t.o.v. verhogen van de dosis. In de toekomst kan er ook gekeken worden om de dosis nog verder te verlagen. In een proef van Janisiewicz et al. (2016) ging men aardbeiplanten behandelen met een zeer lage dosis van $12,36 \text{ J/m}^2$, dit zorgde voor een verminderde infectie van 70%. Een verlaging van de dosis laat toe dat de oppervlakte, die de robot per nacht kan behandelen hoger wordt.

8.5 Resistentie door UV-C?

Het verhoogd gebruik van UV-C licht i.p.v. chemische fungiciden zorgt voor een verminderde resistentie opbouw van meeldauw tegen deze middelen. De behandeling $3 \times 110 \text{ J/m}^2$ zorgde reeds voor een voldoende bescherming, waardoor fungicide behandelingen niet meer nodig zijn. Echter heeft men ontdekt dat *E. coli* in staat is om verschillende vormen van resistentie op te bouwen tegen UV-C licht (Alcantara-Díaz et al., 2004). Het ontwikkelen van resistentie tegen UV-C licht is vooralsnog niet bekend voor schimmels (Tianhong Dai et al., 2012). Omwille van het risico op resistentie opbouw is het aangewezen om deze UV-C technologie te gebruiken in combinatie met fungiciden. Karma draagt als biologisch middel niet bij aan het residugehalte en kan omwille van zijn curatieve contactwerking ingezet worden als correctiemiddel. Verder heeft Karma een specifieke werking waardoor resistentie vorming moeilijk is. Ook chemische fungiciden kunnen als correctiemiddel gebruikt worden.

8.6 Toegevoegde waarde van Vacciplant, Romeo en Fytosave

In de eerste proef werden drie IPM schema's en een gereduceerd chemisch schema toegepast. In alle vier de schema's werd er voor oogst twee maal chemisch behandeld één maal met Candit en een ander maal met Luna Sensation. Tijdens de oogst wordt er wekelijks behandeld met Karma. Deze IPM schema's onderscheiden zich van het red. chemie schema doordat voor oogst wekelijks werd behandeld met Romeo, Vacciplant of Fytosave. (zie Tabel 1). Deze drie middelen stimuleren het planteigen afweer systeem maar bezitten een lage werking voor de bestrijding van meeldauw. De resultaten in proef 1 tonen dat het toevoegen van deze middelen geen meerwaarde biedt in de bestrijding van meeldauw. Ook wanneer de twee biologische schema's (bio en bio stop) en in proef 2 de + bio met de respectievelijke + red bio1 worden vergeleken, kunnen zelfde besluiten worden genomen.

8.7 Toepassing van UV-C in een IPM systeem

Het gebruik van UV-C licht bleek een negatief effect te hebben op de spint populatie (Short et al., 2018). Ook uit proef 2 bleekt dat het gedoseerde UV-C licht hier een negatieve invloed op heeft. Voor het gebruik van UV-C behandelingen in een IPM systeem met roofmijten lijkt deze technologie minder geschikt. De toepassing van $3 \times 10^4 \text{ J/m}^2$ zorgde voor een significante daling van het aantal roofmijten. Eenmalige toepassing van UV-C licht lijkt geen effect te hebben op de roofmijt populatie maar deze toepassing laat niet toe subletale effecten vast te stellen. Mogelijks heeft deze techniek een negatieve invloed op de vruchtbaarheid en/of de activiteit van de roofmijten zoals dit voor spint wel werd vastgesteld (Suzuki et al., 2009). Het is aan te bevelen om in het IPM schema gebruik te maken van *Orius* roofwantsen bij gebruik van UV-C licht. Eerste resultaten met deze roofwantsen in dergelijk IPM systeem met UV-C licht lijken veelbelovend. Er is echter verder proefwerk nodig om deze resultaten te bevestigen.

9 Besluit

De aantasting van echte meeldauw in de aardbeienteelt kan heel wat economische schade veroorzaken. Door de korte levenscyclus van de schimmel kan deze in een zeer korte tijd de plant sterk aantasten. Het is dan ook van belang om deze ziekte vanaf het begin van te teelt sterk onder controle te houden om zo een verdere verspreiding te voorkomen. Daarnaast dienen de behandelingen door te lopen tot in de oogstperiode om schade aan de vruchten te vermijden. Dit heeft tot gevolg dat verschillende aantallen en gehalten aan residuen terug gevonden worden op de vruchten. Door de bovenwettelijke eisen die gesteld worden vanuit de retail sector stijgt de druk op het gebruik van fungiciden.

Uit resultaten in deze masterproef blijkt dat de beheersing van echte meeldauw niet voldoende kan gebeuren wanneer er enkel gebruik gemaakt wordt van biologische middelen. Schema's met een verminderd gebruik van chemische fungiciden voor de oogstperiode en het gebruik van het biologisch middel Karma tijdens de oogst zorgen wel voor voldoende bescherming.

Het verminderd gebruik van chemische middelen is niet alleen aangewezen i.v.m. residu gehalten in de aardbeivruchten. Het is ook nodig voor het tegengaan van resistentieopbouw tegen de bestaande middelen, die cruciaal zijn voor een adequate beheersing.

Uit eerder onderzoek is gebleken dat de UV technologie beloftevol is in de bestrijding van meeldauw. Met een optimale golflengte, dosis, frequentie en tijdstip kan de schimmel voldoende onder controle gehouden worden. In deze proef werden planten behandeld met verschillende dosissen en frequenties. Uit resultaten van deze proef blijkt dat het verhogen van de frequentie vele malen effectiever is dan het verhogen van de dosis. De behandeling van de planten met een dosis van 110 J/m^2 , dit drie keer per week toegediend na schemering, bleek het effectiefst. Met behulp van dergelijk schema kon de ziekte voldoende onder controle gehouden worden.

Er is echter gebleken dat resistentie vorming tegen UV-C mogelijk is. Deze resistentie vorming is nu reeds teruggevonden voor *E. coli* maar is vooralsnog niet bekend voor schimmels. Het toevoegen van fungiciden aan een UV-C schema kan de resistentievorming helpen voorkomen. In deze proef werd een UV-C schema $3 \times 110 \text{ J/m}^2$ aangevuld met Karma tijdens de oogstperiode opgenomen. Dit schema verlaagt het risico op resistentie maar heeft ook voordelen naar meeldauw bestijding. Daarnaast heeft deze UV-C belichting geen negatief effect op de productie en vruchtkwaliteit.

Momenteel vinden IPM systemen steeds meer ingang in de aardbeienteelt. De inzet van roofmijten kan gebruikt worden om de schade veroorzaakt door trips én spint te voorkomen. Het gebruik van dit IPM schema gecombineerd met UV-C behandelingen is echter niet aangewezen. De uitgezette roofmijten worden ook aangetast door het UV-C licht. Een belichting van $3 \times 110 \text{ J/m}^2$ zorgde in deze proef voor een daling van het aantal roofmijten. Niet enkel de roofmijten worden aangetast door het UV-C licht ook spint wordt aangetast door belichting met UV-C licht. Ook in deze proef bleek $3 \times 110 \text{ J/m}^2$ een negatieve invloed te hebben op de spint populatie. Verder onderzoek naar nuttige organismen, die zonder problemen kunnen gecombineerd worden met een UV-C behandeling is nodig.

10 Bibliografie

Artikels:

- Alc antara-Díaz, D., Bre, M., & Serment-Guerrero, J. (n.d.). Divergent adaptation of *Escherichia coli* to cyclic ultraviolet light exposures. <https://doi.org/10.1093/mutage/geh039>
- Biruta, B., & Jarmoliča, S. (2009). *Powdery mildew of strawberries in Latvia under field conditions*. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/234144663>
- Blanco, C., de los Santos, B., Barrau, C., Arroyo, F. T., Porras, M., Romero, F., & Las Torres - Tomejil, C. (2004). *Relationship Among Concentrations of Sphaerotheca macularis Conidia in the Air, Environmental Conditions, and the Incidence of Powdery Mildew in Strawberry*. Retrieved from <https://apsjournals.apsnet.org/doi/pdf/10.1094/PDIS.2004.88.8.878>
- Bluhm, B. H., & Dunkle, L. D. (2008). PHL1 of *Cercospora zeaе-maydis* encodes a member of the photolyase/cryptochrome family involved in UV protection and fungal development. *Fungal Genetics and Biology*, 45(10), 1364–1372. <https://doi.org/10.1016/j.fgb.2008.07.005>
- Carisse, O., Lefebvre, A., Van der Heyden, H., Roberge, L., & Brodeur, L. (2013). Analysis of Incidence-Severity Relationships for Strawberry Powdery Mildew as Influenced by Cultivar, Cultivar Type, and Production Systems. <https://doi.org/10.1094/PDIS-05-12-0508-RE>
- Carisse, O., Morissette-Thomas, V., & Van Der Heyden, H. (2013). Lagged Association Between Powdery Mildew Leaf Severity, Airborne Inoculum, Weather, and Crop Losses in Strawberry, 103(8), 811. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-11-12-0300-R>
- Dai, T., Tegos, G. P., Rolz-Cruz, G., Cumbie, W. E., & Hamblin, M. R. (2008). Ultraviolet C inactivation of dermatophytes: implications for treatment of onychomycosis. *British Journal of Dermatology*, 158(6), 1239–1246. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2133.2008.08549.x>
- Dai, T., Vrahas, M. S., Murray, C. K., & Hamblin, M. R. (2012, February). Ultraviolet C irradiation: An alternative antimicrobial approach to localized infections? *Expert Review of Anti-Infective Therapy*. <https://doi.org/10.1586/eri.11.166>
- De Koning, L. (2013). *Chromatin assembly factors and heterochromatin organization during cell proliferation, tumorigenesis and in quiescence*. Retrieved from <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00814265>
- Essen, L. O. (2006, February). Photolyases and cryptochromes: Common mechanisms of DNA repair and light-driven signaling? *Current Opinion in Structural Biology*. <https://doi.org/10.1016/j.sbi.2006.01.004>
- Gallace, N., & Lieten, P. (2018). *Betere vruchtkwaliteit bij hogere K/Ca-verhouding*.
- Hofland-Zijlstra, J. D. (2010). *Alternatieven voor de beheersing van echte meeldauw zonder pijpzwavel*. Retrieved from www.glastuinbouw.wur.nl
- Janisiewicz, W. J., Takeda, F., Glenn, D. M., Camp, M. J., & Jurick, W. M. (2016). Dark period following UV-C treatment enhances killing of botrytis cinerea conidia and controls gray mold of strawberries. *Phytopathology*, 106(4), 386–394. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-09-15-0240-R>
- Janisiewicz, W. J., Takeda, F., Nichols, B., & Glenn, D. M. (2016). Use of low-dose UV-C irradiation to control powdery mildew caused by *Podosphaera aphanis* on strawberry plants. *Canadian Journal of Plant Pathology*. <https://doi.org/10.1080/07060661.2016.1263807>
- Krämer, W., & Schirmer, U. (2007). *Modern Crop Protection Compounds Volume 2*.
- Marku, L., Vrapı, H., & Hasani, M. (2014). *Effect of potassium bicarbonate (Armıcarb) on the control of apple scab (Venturia inaequalis) in the region of Puka in Albania*. *International Refereed Journal of Engineering and Science* (Vol. 3). Retrieved from www.irjes.com
- Short, B. D., Janisiewicz, W., Takeda, F., & Leskey, T. C. (2018). UV-C irradiation as a management tool for *Tetranychus urticae* on strawberries. *Pest Management Science*,

- 74(11), 2419–2423. <https://doi.org/10.1002/ps.5045>
- Suthaparan, A., & Gislerød, H. R. (2010). Continuous Lighting Reduces Conidial Production and Germinability in the Rose Powdery Mildew Pathosystem. <https://doi.org/10.1094/PDIS-94-3-0339>
- Suthaparan, A., Pathak, R., Solhaug, K. A., & Gislerød, H. R. (2018). Wavelength dependent recovery of UV-mediated damage: Tying up the loose ends of optical based powdery mildew management. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 178, 631–640. <https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2017.12.018>
- Suthaparan, A., Solhaug, K. A., Stensvand, A., & Gislerød, H. R. (2016). Determination of UV action spectra affecting the infection process of *Oidium neolycopersici*, the cause of tomato powdery mildew. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 156, 41–49. <https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2016.01.009>
- Suthaparan, A., & Stensvand, A. (2016). Suppression of Powdery Mildews by UV-B: Application Frequency and Timing, Dose, Reflectance, and Automation. <https://doi.org/10.1094/PDIS-12-15-1440-RE>
- Suzuki, T., Watanabe, M., & Takeda, M. (2009). UV tolerance in the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae*. *Journal of Insect Physiology*, 55(7), 649–654. <https://doi.org/10.1016/j.jinsphys.2009.04.005>
- Takahashi, S., Nakajima, N., Saji, H., & Kondo, N. (2002). *Diurnal Change of Cucumber CPD Photolyase Gene (CsPHR) Expression and Its Physiological Role in Growth under UV-B Irradiation*. *Plant Cell Physiol* (Vol. 43).
- Van Delm, T., Melis, P., Stoffels, K., & Baets, W. (n.d.). CONTROL OF POWDERY MILDEW BY UV-C TREATMENTS IN COMMERCIAL STRAWBERRY PRODUCTION. Retrieved from <http://www.panos.org.uk/global/>
- Van Hemelrijck, W., Laer, S. Van, Hoekstra, S., Aiking, A., & Creemers, P. (2010). *UV-c radiation as an alternative tool to control powdery mildew on apple and strawberry*. Retrieved from www.clean-greens.com
- Van Liefferinge, J. (Departement L. en V. (2015). *ziekten en plagen in aardbeien*.
- Vervoort, M., Stoffels, K., & Melis, P. (2018). UV-C-licht-beïnvloedt-ook-plagen-en-nuttigen-in-aardbeien. <https://doi.org/10.5897/AJMR12.707>

Boeken, cursussen en jaarverslagen

- Haesaert, G., (2018). Beheersing van gewasvijanden. (Cursus), Gent, Universiteit Gent.
- Krämer, W., & Schirmer, U. (2007). Modern Crop Protection Compounds Volume 2.
- Proefcentrum Hoogstraten,(2017) Jaarverslag 2017 p 217-221

Websites:

Belchim, werking en toelating voor vacciplant geraadpleegd op 21/09/2019 via <http://www.belchim.be/nl/index.php/vacciplant>

Fytoweb, Erkenning gewasbeschermingsmiddelen geraadpleegd op 19/09/2019 via <https://fytoweb.be/nl>

Ecostyle, werking en toelating voor Romeo geraadpleegd op 21/09/2019 via <https://www.ecostyle.be/professioneel/producten/romeo>

Foodwatch (2018), Maatregelen van supermarkten met betrekking tot bestrijdingsmiddelen, geraadpleegd op 21/10/2019 via

https://www.foodwatch.org/fileadmin/foodwatch.nl/Onze_campagnes/Schadelijke_stoffen/Images/Bestrijdingsmiddelen/Maatregelen_van_supermarkten_met_betrekking_tot_bestrijding_smiddelen.pdf

Fytofend, werking en toelating voor fytosave geraadpleegd op 21/09/2019 via
<https://fytofend.com/en/product/belgium/fytosave>

The American Phytopathological Society (APS), Levenscyclus echte meeldauw geraadpleegd op 14/09/2019 via
<https://www.apsnet.org/edcenter/disandpath/fungalasco/labexercises/PowderyMildew/Pages/PowderyMildewsLifeCycle.aspx>