



Tussenrapportage Kennisimpuls Groene Gewasbescherming 2017-2022

Huib Hengsdijk, Marleen Riemens, Paul Ruigrok, Rien van der Maas, Kirsten Leiss en Bert Lotz



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Tussenrapportage Kennisimpuls Groene Gewasbescherming 2017-2022

Huib Hengsdijk, Marleen Riemens, Paul Ruigrok, Rien van der Maas, Kirsten Leiss en Bert Lotz

Dit onderzoek is uitgevoerd door de Stichting Wageningen Research (WR), in het kader van beleidsondersteunend onderzoeksthema Groene gewasbescherming (projectnummer BO-43-102.02-001).

WR is een onderdeel van Wageningen University & Research, samenwerkingsverband tussen Wageningen University en de Stichting Wageningen Research.

Wageningen, oktober 2023

Rapport WPR-1249

Huib Hengsdijk, Marleen Riemens, Paul Ruigrok, Rien van der Maas, Kirsten Leiss en Bert Lotz, 2023.
Tussenrapportage Kennisimpuls Groene Gewasbescherming 2017-2022. Wageningen Research,
Rapport WPR-1249. 88 blz.; 37 fig.; 19 tab.; 13 ref.

Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/632265>

Dit rapport beschrijft de resultaten van vijf jaar onderzoek aan vier gewassen/gewasgroepen (akkerbouw, lelie, appel en aardbei) waarvoor vanaf 2017 prototype teeltsystemen zijn ontwikkeld en getoetst met de volgende doelen: 1) Aanmerkelijk minder inzet van chemische gewasbeschermingsmiddelen en in elk geval geen middelen die staan op de EU-lijst van "candidates for substitution"; 2) Emissies van gewasbeschermingsmiddelen en residuen op producten te verminderen; en 3) De marktpositie van Nederlandse telers verder helpen te versterken. Deze doelen zijn in lijn met de doelstellingen van het uitvoeringsprogramma Toekomstvisie gewasbescherming 2030 dat zich richt op de verduurzaming van gewasbescherming met behoud van een sterke internationale agro-positie van Nederland.

Trefwoorden: akkerbouw, appel, lelie, aardbei, prototype, weerbare teeltsystemen, ziekten, plagen, onkruiden, Toekomstvisie gewasbescherming 2030, innovatie



Dit werk valt onder Creative Commons Naamsvermelding-NietCommercieel-GeenAfgeleidWerken 4.0 Internationaal-licentie.

Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Postbus 16, 6700 AA Wageningen;
T 0317 48 07 00; www.wur.nl/plant-research

KvK: 09098104 te Arnhem
VAT NL no. 8113.83.696.B07

Rapport WPR-1249

Foto omslag: Onderzoekslocatie van weerbare teeltsystemen voor de akkerbouw bij Lelystad (OANEvents, augustus 2023)

Inhoud

Woord vooraf	5
Samenvatting	7
1 Inleiding Kennisimpuls Groene gewasbescherming	9
1.1 Beleidsdoelen	9
2 Generieke aanpak	10
2.1 Behoeftte aan een integrale werkwijze	10
2.2 Klankbordgroepen en denktanks	12
3 Casus Akkerbouw	13
3.1 Selectie van de casus	13
3.2 Integrated Crop Management: prototype in de casus akkerbouw	14
3.2.1 Integrated Crop Management	14
3.2.2 Prototype ICM in casus akkerbouw	17
3.3 Landbouwkundige resultaten over de toetsjaren	20
3.3.1 Gewasopbrengsten	20
3.3.2 Ziekten, plagen en onkruiden	22
3.4 Impact op milieu	27
3.5 Impact op economie	30
3.6 Perspectief voor teler en keten tijdshorizon 2030	33
4 Casus Lelie	35
4.1 Selectie van casus	35
4.2 Beschrijving prototype en de referentie	35
4.3 Teelt resultaten	37
4.3.1 Kasteelt	37
4.3.2 Buitenteelt	42
4.4 Impact op milieu	44
4.5 Impact op economie	45
4.6 Vervolg PPS'en e.d.	45
4.7 Perspectief voor de teler en keten tijdshorizon 2030	46
5 Casus appel	47
5.1 Selectie van de casus	47
5.2 Beschrijving prototype en de referentie	47
5.2.1 Belangrijkste dilemma's	51
5.3 Teelt resultaten bij appel	51
5.3.1 Optreden van ziekten	51
5.3.2 Optreden van plagen	54
5.3.3 Aanwezigheid bestuivers	57
5.3.4 Onkruidbestrijding	59
5.3.5 Gebruik chemische gewasbeschermingsmiddelen	59
5.3.6 Productie en kwaliteit	60
5.3.7 Teeltresultaten bij peer	61
5.4 Impact op milieu	62
5.5 Impact op economie	64
5.6 Vervolg PPSen e.d.	65
5.7 Perspectief voor teler en keten tijdshorizon 2030	65

6	Casus Aardbei	67
6.1	Reden waarom de casus is geselecteerd binnen de Kennisimpuls	67
6.2	Beschrijving prototype en referentie	67
6.3	Teeltresultaten over de toetsjaren	69
6.3.1	Resultaten ziekten	69
6.3.2	Resultaten plagen	70
6.4	Impact op milieu	75
6.5	Impact op economie	77
6.6	Vervolg PPSen e.d.	78
6.7	Perspectief voor teler en keten tijdshorizon 2030	78
8	Aanbevelingen	82
9	Conclusies	85
	Literatuur	86

Woord vooraf

Het beleidsondersteunende onderzoek *Kennisimpuls Groene Gewasbescherming* legt een wetenschappelijke basis voor ontwikkeling, systeemintegratie en toetsing op systeemniveau van bouwstenen die het Uitvoeringsprogramma Toekomstvisie gewasbescherming 2030 noemt om innovatieve nieuwe teeltconcepten te ontwikkelen met behoud van marktperspectief.

Deze tussenrapportage beschrijft de resultaten van de eerste vijf jaar. Voor vier voor Nederland relevante gewassen/gewasgroepen zijn vanaf 2017 prototype teeltsystemen ontwikkeld en getoetst in lijn met de doelstellingen van het uitvoeringsprogramma Toekomstvisie gewasbescherming 2030. Hoewel de resultaten tot zover zeker leerzaam zijn voor onderzoek, beleid en bedrijfsleven, en handvatten bieden voor hoe weerbare teeltsystemen in 2030 er uit kunnen gaan zien, is de toetsperiode tot en met 2022 feitelijk nog te kort voor een goede agronomische en economische evaluatie. Ik nodig de lezer dan ook uit om prudent met deze resultaten om te gaan.

Naast een uitgebreid team van onderzoekers van Wageningen Research is ook een groot aantal andere experts en ervaringsdeskundigen (o.a. boeren, vertegenwoordigers van ketenpartijen, wetenschappers buiten Wageningen en beleidsmedewerkers) via denktanks en klankbordgroepen bij dit onderzoek betrokken. Deze tussenrapportage over 2017-2022 is een goed moment om al deze mensen voor hun bijdrage aan dit beleidsondersteunend onderzoek te bedanken.

Bert Lotz
BO-Thematrekker Groene Gewasbescherming

Samenvatting

De Kennisimpuls Groene gewasbescherming (gestart in 2017) is gericht op het versnellen van de verduurzaming van gewasbescherming met behoud van een sterke internationale agro-positie van Nederland en draagt bij aan het realiseren van de doelen van de Toekomstvisie Gewasbescherming 2030 en het bijbehorende Uitvoeringsprogramma. Het onderzoek heeft geleid tot prototypes voor innovatieve duurzame teeltsystemen. De ontwikkelde teeltsystemen beogen optimaal gebruik te maken van de mogelijkheden voor verduurzaming, van innovatieve technieken tot gebruik van de natuur om deze doelen te helpen realiseren (tijdhorizon 2030). Vertegenwoordigers van sector-, markt- en kennispartijen en maatschappelijke organisaties denken daarbij mee in denktanks en in klankbordgroepen.

Het onderzoek richt zich vanaf 2017 op vier casussen, namelijk akkerbouw op klei, lelie, appel en aardbei. Deze casussen liepen in 2022 af, maar hebben inmiddels een vervolg gekregen tot en met 2025. Deze *Tussenrapportage Kennisimpuls Groene Gewasbescherming 2017-2022* beschrijft op hoofdlijnen de resultaten voor deze casussen tot en met 2022.

Om in de Kennisimpuls prototypes van nieuwe teeltsystemen te ontwikkelen in interactie met experts en praktijk, om daarbij over de casussen heen van elkaar te kunnen leren en ten slotte, om de opgedane kennis en ervaring weer goed uit te kunnen rollen naar nieuwe gewassen en teeltsystemen, is een integrale werkwijze ontwikkeld.

Elk van de vier casussen heeft in de periode 2017-2022 geleid tot een prototype weerbaar teeltsysteem dat reële perspectieven biedt voor het behalen van de binnen de onderzoeksopzet gestelde doelen. Deze doelen zijn:

1. De te ontwikkelen teeltsystemen dienen aanmerkelijk minder afhankelijk te zijn van chemische gewasbescherming en in elk geval zullen er geen middelen in gebruikt worden die staan op de EU-lijst van *candidates for substitution* (CfS),
2. Waar mogelijk leiden de te ontwikkelen teeltsystemen tot minder emissies van gewasbeschermingsmiddelen en residuen op producten, en
3. De te ontwikkelen teeltsystemen helpen de marktpositie van Nederlandse telers verder te versterken.

Concreet werd in alle vier de ontwikkelde prototype weerbare teeltsystemen aanzienlijk minder gewasbeschermingsmiddelen gebruikt dan in de referentiesystemen, en in elk geval geen CfS-stoffen. De opbrengsten van de prototypesystemen en de saldi die daarbij horen, waren vaak lager dan die van de referentiesystemen, maar deze verschillen lijken tot nog toe niet zo groot dat ze in een vervolgtraject onoverbrugbaar zijn (geen showstoppers). Daar staat tegenover dat een eerste analyse van milieu-impact door emissie van gewasbeschermingsmiddelen laat zien dat deze in de prototype teeltsystemen duidelijk lager is dan in de referentiesystemen. Echter, de toetsperiode tot en met 2022 is feitelijk nog te kort is voor een goede agronomische en economische evaluatie. De verlenging van de Kennisimpuls Groene gewasbescherming tot 2025 biedt de mogelijkheid om de evaluatie op systeemniveau voort te zetten met het doel de overdracht naar vervolgonderzoek en implementatietrajecten zo goed mogelijk te faciliteren.

In vervolgprojecten, na afloop van deze Kennisimpuls, zal dus zeker nog aandacht moeten zijn voor verbetering van de saldi/financiële opbrengsten van de nieuwe weerbare teeltsystemen. Ook zijn er nog andere uitdagingen en kennisleemtes. Er is een brede behoefte aan nieuwe robuuste rassen die weerbaarheid tonen tegen ziekten en plagen. In de casus Akkerbouw is veel arbeid nodig voor monitoring en detectie voor het kwantificeren van ziekten, plagen en onkruiden. Dat is nog niet in de saldo-berekeningen meegenomen. De verwachting is dat innovatieve detectie en robotisering daar deels een oplossing voor kunnen bieden. Deze tussenrapportage beschrijft ook voor de andere casussen nog verschillende kennisleemtes en uitdagingen.

1 Inleiding Kennisimpuls Groene gewasbescherming

De Kennisimpuls Groene gewasbescherming (gestart in 2017) is gericht op het versnellen van de verduurzaming van gewasbescherming met behoud van een sterke internationale agro-positie van Nederland en draagt bij aan het realiseren van de doelen van de *Toekomstvisie Gewasbescherming 2030* en het bijbehorende Uitvoeringsprogramma. Het onderzoek leidt tot prototypes voor innovatieve duurzame teeltsystemen die optimaal mogelijkheden voor verduurzaming benutten, van innovatieve technieken tot gebruik van de natuur om deze doelen te helpen realiseren (tijdhorizon 2030). Vertegenwoordigers van sector-, markt- en kennispartijen en maatschappelijke organisaties denken daarbij mee in denktanks en in klankbordgroepen.

Doelstelling: In de nieuwe innovatieve systemen zullen chemische gewasbeschermingsmiddelen aanmerkelijk minder gebruikt worden en in elk geval geen middelen die staan op de EU-lijst van "candidates for substitution" (CfS). De ontwikkelde prototypes streven ernaar de emissie van gewasbeschermingsmiddelen en residuen op producten tegen te gaan, en zoeken de verbinding met de natuurlijke omgeving. Zij moeten de marktpositie van Nederlandse telers verder kunnen versterken.

De Kennisimpuls Groene Gewasbescherming wordt gefinancierd door LNV. Naast deze kennisimpuls loopt parallel ook de Kennisimpuls Bestuivers, waar mee wordt samengewerkt.

Het onderzoek richt zich vanaf 2017 op vier casussen, namelijk akkerbouw, lelie, appel en aardbei, en een integrale werkwijze die basis was voor de ontwikkeling van de prototypesystemen. Deze casussen liepen in 2022 af, maar hebben inmiddels een vervolg gekregen tot 2025.

Deze Tussenrapportage Groene Kennisimpuls Groene Gewasbescherming 2017-2022 beschrijft op hoofdlijnen de resultaten voor deze vier casussen tot en met 2022.

Vanaf begin 2021 zijn aan de kennisimpuls drie nieuwe casussen toegevoegd, namelijk tomaat en potplanten onder glas, en prei als kleine teelt in de vollegrond. Deze drie nieuwe casussen hebben een eigen looptijd (2021-2024) en worden nog niet in deze rapportage meegenomen.

1.1 Beleidsdoelen

Het projectvoorstel van dit beleidsondersteunend-onderzoek (BO) is geschreven in 2017, aansluitend op de toen geformuleerde beleidsdoelen en daaruit volgende kennisvragen gerelateerd aan de toen geldende Voedselagenda en de daarop geformuleerde Strategische Kennis- en Innovatie Programma *Voedsel en circulair*. Sindsdien zijn er nieuwe relevante beleidshandvatten ontwikkeld, beschreven in de Kennis- en Innovatieagenda *Landbouw, Water en Voedsel* van de Missie Kringlooplandbouw. Dit BO-project beoogt juist ook bij te dragen aan het behalen van de doelen van deze nieuwe beleidshandvatten, waarbij het onderzoek zich richt op het Meerjarige Missiegedreven Innovatieprogramma (MMIP) A2 *Gezonde, robuuste bodem en teeltsystemen gebaseerd op agro-ecologie en zonder schadelijke emissies naar grond- en oppervlaktewater* en de MMIP A5 *Biodiversiteit in de kringlooplandbouw*, en in het bijzonder op het hieraan gerelateerde Uitvoeringsprogramma *Toekomstvisie Gewasbescherming 2030*.

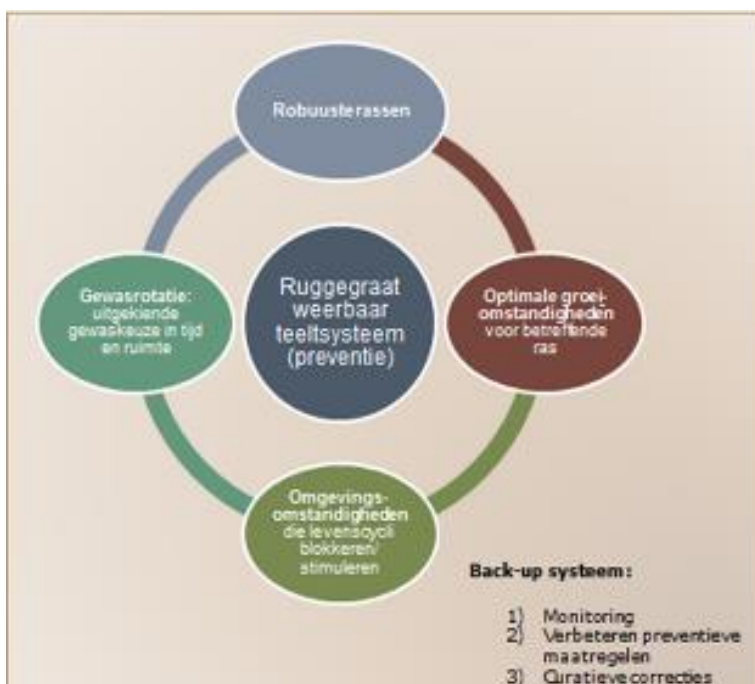
De prototypes die in dit BO-project ontwikkeld zijn en meerjarig getoetst worden, zullen naar verwachting in publiek-privaat en privaat gefinancierde projecten verder praktijkrijp gemaakt worden.

2 Generieke aanpak

2.1 Behoefte aan een integrale werkwijze

Om prototypes in de Kennisimpuls te ontwikkelen in interactie met experts en praktijk, om over de casussen heen van elkaar te kunnen leren en ten slotte, om de opgedane kennis en ervaring weer goed uit te kunnen rollen naar nieuwe gewassen en teeltsystemen, is een integrale werkwijze ontwikkeld binnen de Kennisimpuls. Deze integrale werkwijze omvat een systematische aanpak voor de ontwikkeling van het prototype teeltsysteem waarbij optimaal teelt- en bedrijfssysteemcomponenten gebruikt worden om de weerbaarheid van het teeltsysteem en/of van de gewassen tegen de ontwikkeling van ziekten, plagen en onkruiden zo groot mogelijk te maken en tevens concepten om het prototype te toetsen. We gaan eerst in op de systematische aanpak om een prototype teeltsysteem te ontwikkelen.

Vertrekpunt om op basis van deze integrale werkwijze te komen tot een beoogd prototypesysteem is weergegeven in Figuur 1. Teelt- en bedrijfssysteemcomponenten worden gebruikt om de weerbaarheid van teeltsystemen en gewassen tegen ziekten, plagen en onkruiden zo groot mogelijk te maken. De ruggengraat voor deze werkwijze wordt gevormd door de volgende vier systeempijlers: i. gewasrotatie in ruimte en tijd, ii. Robuuste, d.w.z. sterke, weerbare en goed aan omgeving en markt aangepaste rassen, iii. Optimale groeiomstandigheden voor het gewas en tenslotte iv. Maatregelen die de levenscyclus van ziekten, plagen en onkruiden onderdrukken/doorbreken en die nuttige organismen juist stimuleren.



Figuur 1 Schematisch vertrekpunt van teelt- en bedrijfssysteemcomponenten die bijdragen aan een weerbaar teeltsysteem.

Een teler grijpt alleen curatief in op basis van monitoring en een gevalideerd beslissingssysteem dat aangeeft of deze vier systeempijlers nog steeds voldoende effectief zijn of dat bijsturing noodzakelijk is. Voor deze bijsturing wordt een nieuw type tool box als back-up ontwikkeld met een hiërarchische structuur van fysische, biologische, en chemische gewasbeschermingsmaatregelen op basis van bestaande en nieuwe kennis en technologie. Hierin worden ook uitdrukkelijk nieuwe hightech opties meegenomen, zoals op dit moment onder andere ontwikkeld worden in de precisielandbouw. Chemische bestrijding wordt alleen toegepast (en dan zo

beperkt mogelijk) indien monitoring en een beslissingsondersteunend systeem daartoe de noodzaak van aantonen om de weerbaarheid op gewas- en rotatieniveau (volggewassen) in stand te houden én er geen passende alternatieven zijn. Het bepalen van hoe vaak en met welke middelen er over de jaren heen toch nog chemische ingrepen noodzakelijk blijken, is daarmee onderdeel van de toetsing van een prototype teeltsysteem.

Bij chemische bestrijding gaat de voorkeur uit naar laag-risicomiddelen. Dit zijn middelen op basis van laag-risico stoffen (blijkt uit de toelatingsprocedure van het Ctgb). Als die middelen (nog) niet voorhanden zijn, dan kunnen middelen op basis van "normale" werkzame stoffen toegepast worden. Gebruik van middelen op basis van werkzame stoffen die in aanmerking komen voor vervanging (Candidates for substitution - CfS) is in deze systematische aanpak geen optie. Mocht onverhoopt in een jaar het projectteam besluiten dat een CfS-middel toch moet worden ingezet in een bepaalde casus (prototypesysteem), betekent dat een nieuwe iteratie in de systeemontwikkeling vereist is om de gestelde doelen van de Kennisimpuls voor dit teeltsysteem te realiseren.

De in Figuur 1 weergegeven teelt- bedrijfssysteemcomponenten zijn in de afzonderlijke casussen verder doorontwikkeld en vergeleken met een referentiesysteem. Voor de casus akkerbouw zijn zelfs twee referenties beschikbaar. Het huidige gangbare systeem maakt gebruik van een 4-jarige rotatie, terwijl er voor een optimale vergelijking met het prototypische systeem, dat is gebaseerd op een 8-jarige rotatie, ook een gangbaar systeem met een rotatie van 8 jaar is opgezet. In de casus appel is de referentie de gewasbescherming op een aangrenzend perceel met dezelfde appellassen. In de casussen akkerbouw en appel is de gewasbescherming in de referentieplots daadwerkelijk uitgevoerd conform de lokale adviezen van adviseurs. In de twee andere casussen, lelie en aardbei, zijn als referenties meegenomen pakketten van gewasbeschermingsmaatregelen die volgens adviseurs representatief zijn in de regio.

Binnen elke casus wordt de inzet van chemische gewasbeschermingsmiddelen zo gedocumenteerd dat een milieu-impact daarvan te vergelijken is met de genoemde referentie-teeltsysteem. Aanvankelijk was het de bedoeling om medio 2022 met de dan beschikbare Milieu-indicator Gewasbescherming (MIG) een globale indicatie te geven in hoeverre de ontwikkelde prototype teeltsystemen inderdaad minder milieubelastend zijn dan de referentiesystemen. Deze MIG is echter in de daartoe opgezette PPS (2019-2022) niet zover ontwikkeld en geparametriseerd dat deze vergelijkingen inderdaad gemaakt konden worden. In 2023 worden daarom een aantal alternatieve indicatoren kleinschalig getest, om ervaring mee op te doen.

In 2017-2019 zijn verschillende verkenningen uitgevoerd naar welke factoren van invloed kunnen zijn op het marktperspectief van producten van innovatieve teeltsystemen die binnen deze kennisimpuls ontwikkeld worden. Hiertoe zijn gesprekken gevoerd met vertegenwoordigers uit de private sector. Hieruit kwam het volgende beeld: Alle partijen verwachten dat in de AGF-markt de focus op duurzaamheid zal toenemen. Partijen zien naast het biologisch label geen plaats voor een ander niche label. De wens gaat uit naar een breed duurzaamheidslabel, waarin o.a. middelengebruik en leefgebied voor functionele insecten een plaats hebben (*On the way to PlanetProof*). Partijen verwachten daarbij dat PlanetProof standaard (baseline) wordt. En dan liefst nog simpeler maar met behoud van ambitie. Uiteindelijk zal volgens de partijen een gelijk speelveld binnen Europa met een top-up prijs, een belangrijke randvoorwaarde zijn voor het realiseren van voldoende financiële ruimte voor telers om zich te ontwikkelen richting van de in de kennisimpuls beoogde weerbare teeltsystemen met nagenoeg geen emissies en residuen, en verbonden met de natuur. Daarvoor zal er binnen Europa een breed gedragen besef nodig zijn dat de ontwikkelde innovatieve teeltsystemen noodzakelijk zijn om bodem- en waterkwaliteit, natuurbehoud en leefbaarheid van de planeet op lange termijn te garanderen.

De verkenningen naar marktperspectief van producten van teeltsystemen die ontwikkeld worden in de kennisimpuls zullen in de periode 2023-2025 worden voortgezet. De resultaten daarvan zullen gepresenteerd worden in eindrapporten.

2.2 Klankbordgroepen en denktanks

Elke casus heeft een denktank en een klankbordgroep. In de denktank zitten wetenschappers op voor de betreffende casus relevant onderzoeksvelden en telers en andere stakeholders met ruime kennis en ervaring in casus-specifieke teeltinnovaties. De klankbordgroep van een casus bestaat uit vertegenwoordigers van LNV en van markt- en keten partijen die instaat zijn een prototype te beoordelen in een bredere context. Bij start van een casus heeft het projectteam in afstemming met de denktank minimaal twee scenario's voor een perspectiefvol teeltsysteem opgesteld (juli – december 2017). Elk scenario beschreef de voorgenomen concrete invulling van de componenten beschreven in Figuur 1. Deze scenario's zijn voorgelegd aan de klankbordgroep. Op basis van de ondersteuning van de klankbordgroep voor een specifieke keuze, werd één scenario geselecteerd om verder uit te werken. Dit scenario werd experimenteel ontwikkeld in een geschikte proefopzet en vervolgens getest als een prototype. Vooraf en tijdens de toetsing van de prototypes is voortdurend aandacht voor dilemma's die de onderzoekers ervaren op niveau van het teeltsysteem. Maatregelen die bijvoorbeeld de ene plantenziekte goed onderdrukken, kunnen juist ruimte geven aan een andere (groep) van ziekten of plagen om te vermeerderen. Het zoveel mogelijk oplossen van dit type dilemma's vraagt multidisciplinaire kennis en ervaring die in de denktanks en klankbordgroepen gebundeld zijn.

Generiek is over de hele kennisimpuls ook een klankbordgroep ingesteld met vertegenwoordigers van LNV en van markt- en keten partijen met als taak meer op hoofdlijnen adviezen te geven over de onderzoekaankpak, de aansluiting bij relevante ontwikkelingen (bijvoorbeeld gerelateerd aan het uitvoeringsprogramma Toekomstvisie Gewasbescherming 2030) en over hoe de ontwikkelde prototypes verder opgepakt kunnen worden in publiek-privaat of privaat gefinancierd onderzoek.

3 Casus Akkerbouw

Casusteam: Marleen Riemens, Bas Allema, William Bijker, Bert Evenhuis, Hilfred Huiting, Leendert Molendijk

3.1 Selectie van de casus

De akkerbouwcasus is gestart met een systematische knelpunten en perspectievenanalyse voor kleigrond door de ingestelde denktank, het areaal en/of economisch belang van gewassen, gespreksverslagen met stakeholders, kennis uit lopende nationale en internationale onderzoeksprogramma's en de input van de klankbordgroep tijdens een bijeenkomst op 4 december 2017.

Doel van deze analyses was om te komen tot: 1) een overzicht van de knelpunten, 2) oplossingsmogelijkheden en 3) een scenarioschets voor akkerbouwmatige systemen in 2030 die zo min mogelijk afhankelijk zijn van chemische gewasbescherming tegen bacterieziekten, insecten, schimmels en onkruiden. In ieder geval zonder afhankelijkheid van hoog-risico stoffen welke geoperationaliseerd zijn door de CFS lijst.

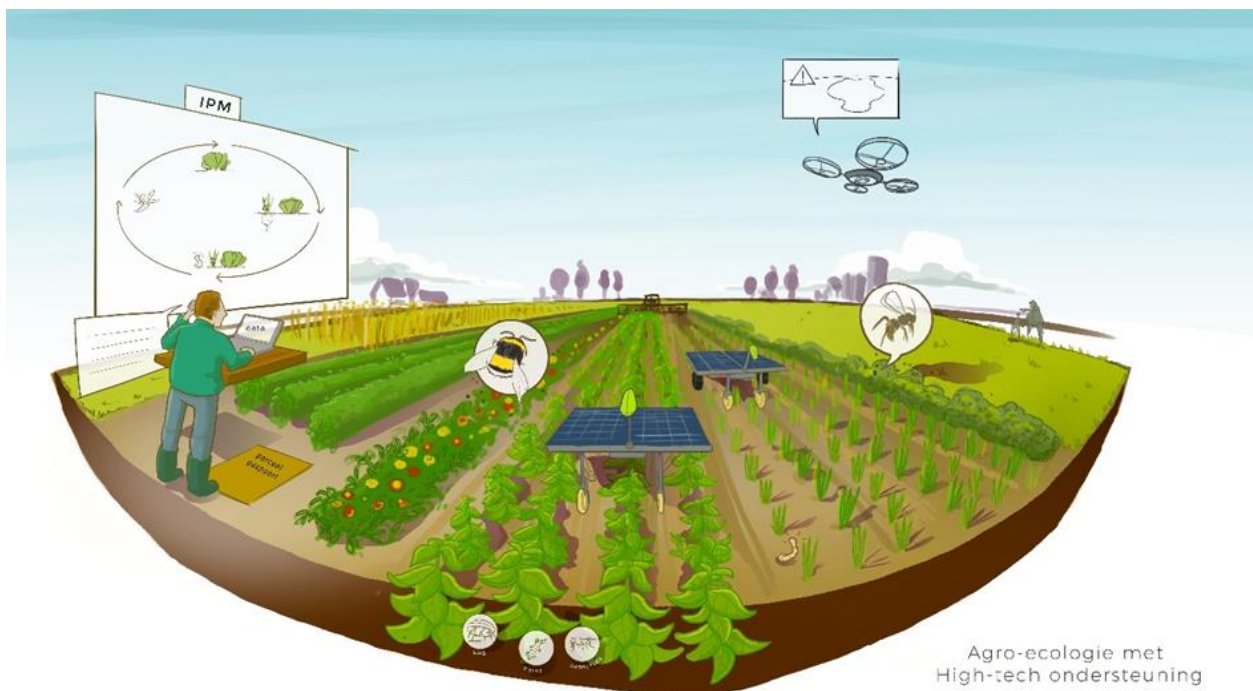
Het overzicht van de gesignaleerde knelpunten in akkerbouwmatige gewassen met een groot areaal en/of economisch belang staan weergegeven in Tabel 1.

Tabel 1 De gesignaleerde knelpunten in aardappel, suikerbiet, granen, peen, ui, maïs en spruit/sluitkool.

Gewas	Knelpunt
Aardappel	<i>P. infestans</i> , <i>Alternaria</i> , <i>Rhizoctonia</i> , <i>Sclerotinia</i> , <i>G. rostochiensis</i> , <i>G. pallida</i> , <i>M. chitwoodi</i> , <i>M. fallax</i> , <i>M. hapla</i> , bladluis (virus), coloradokever
Suikerbiet	<i>Cercospora</i> , <i>Sclerotinia</i> , <i>Ramularia</i> , <i>Rhizoctonia</i> , <i>D. dipsaci</i> , <i>P. pachydermis</i> , aardappelopslag, ritnaalden, bietenvlieg, bladluis (virus), bietenkever, emelt
Granen	<i>Fusarium</i> , Duist, aardappelopslag
Peen	Zwarte vlekken ziekte, <i>M. chitwoodi</i> , <i>M. fallax</i> , <i>M. hapla</i> , <i>P. penetrans</i> , onkruid, bladluis, wortelvlieg
Ui	Trips, uienvlieg, onkruiden, meeldauw
Maïs	Ritnaalden, onkruiden
Spruit/sluitkool	Bladluis, koolvlieg, witte vlieg, koolmotje, koolgalmug, koolwitje

Oplossingsrichtingen die tijdens deze projectfase werden benoemd waren: het verhogen van de gewasdiversiteit door bouwplanverbreding en/of strokenteelt, bodemweerbaarheid, schoon uitgangsmateriaal, resistente of tolerante rassen en gerichte bestrijding met curatieve (biologische, groene en chemische) middelen op basis van een goede monitoring ondersteund door de toepassing van hightech zoals beslissingsondersteunende systemen.

Deze analyse leverde uiteindelijk een scenario voor verdere uitwerking op als basis voor de casus ontwikkeling: "Agro-ecologie met ondersteuning van hightech" (Figuur 2).



Figuur 2 Scenario Agro-ecologie met hightech ondersteuning, de basis voor casus akkerbouw (maart 2018).

3.2 Integrated Crop Management: prototype in de casus akkerbouw

De verschillende oplossingsrichtingen zijn gecombineerd tot een 'Integrated Crop Management' (ICM) aanpak gericht op het beheersen van ziekten, plagen (Sikora et al., 2022) en onkruiden (Riemens et al., 2022) in een akkerbouwmatige rotatie, zonder CfS en met zo min mogelijk afhankelijkheid van chemische gewasbeschermingsmiddelen. Deze paragraaf omschrijft de ICM aanpak, inclusief de keuzes die in deze casus zijn gemaakt om op basis van ICM tot het prototype te komen (Figuur 3). Het prototype zal in dit hoofdstuk aangeduid worden met ICM, de referentie als REF. Het onderzoek wordt op de locatie Lelystad (kleigrond) sinds 2018 uitgevoerd.

3.2.1 Integrated Crop Management

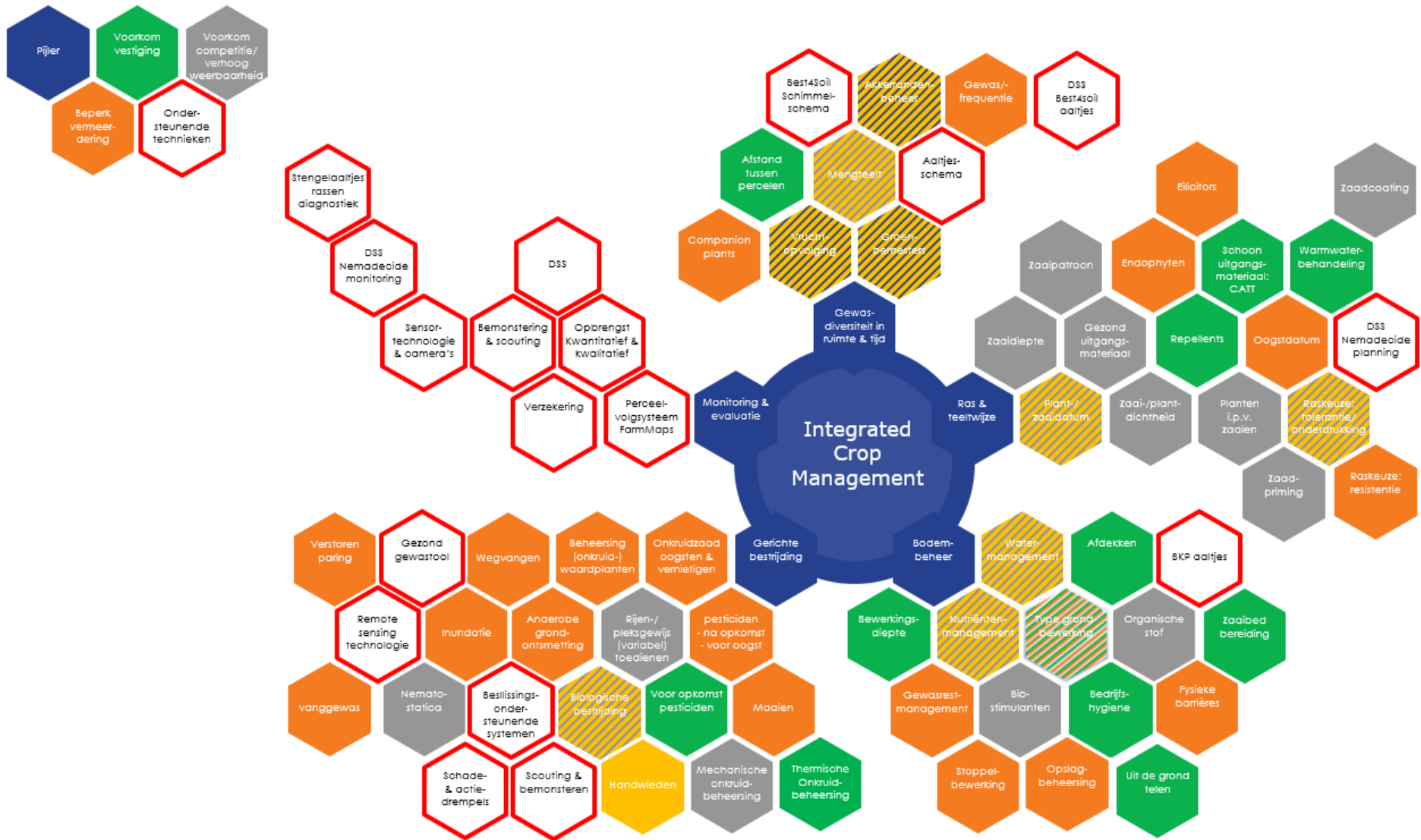
Integrated Crop Management (ICM) kan als een nadere uitwerking van het concept Integrated Pest Management (IPM) worden beschouwd en richt zich op een gezond gewas met aandacht op vruchtwisselingsniveau, over meerdere jaren, voor meerdere ziekten, plagen en onkruiden in een allesomvattende benadering (Figuur 3). ICM steunt op vijf pijlers:

1. Gewasdiversiteit in ruimte en tijd,
2. Raskeuze en teeltwijze,
3. Bodembeheer,
4. Gerichte bestrijding,
5. Monitoring en evaluatie.



Figuur 3 *Integrated Crop Management gebaseerd op vijf pijlers: 1. Gewasdiversiteit in ruimte en tijd, 2. Ras keuze en teeltwijze, 3. Bodembeheer, 4. Gerichte bestrijding, 5 Monitoring en evaluatie. Aangepast van: Riemens et al. (2022) en Sikora et al. (2022).*

Voor elke ziekte, insect, nematode of onkruid geldt dat telers verschillende maatregelen en technieken kunnen toepassen om de levenscyclus te doorbreken. Bij de ICM-aanpak worden deze maatregelen en technieken onder een van de vijf pijlers ondergebracht. Voor elke pijler (blauwe hexagoon) is er een instrumentarium/set maatregelen beschikbaar om invulling te geven aan de ICM-strategie (Figuur 4). Deze worden vermeld in de overige hexagonalen. De maatregelen verschillen van karakter en de manier waarop ze de levenscyclus van ziekten, plagen en onkruiden beïnvloeden en worden aangeduid met een kleur (groen voor het voorkomen van vestiging, oranje voor het beperken van vermeerdering of grijs voor het voorkomen van competitie/het verhogen van de weerbaarheid). Rood omkaderde hexagonalen betreffen ondersteunende systemen.



Figuur 4 *Overzicht van alle maatregelen en technieken per pijler in de ICM-aanpak voor de beheersing van ziekten, plagen, inclusief nematoden en onkruiden.*

3.2.2 Prototype ICM in casus akkerbouw

Bij het ontwerpen van het prototype teeltsysteem is systematisch het raamwerk (Figuur 4) doorlopen. Als eerste werd gestart met het bepalen van de te telen gewassen. De knelpunten en perspectieven analyses zijn, samen met de brainstormresultaten op basis van de toekomstbeelden vanuit de klankbordgroep, het areaal en economische belang door de denktank bediscussieerd om tot een eerste selectie van kerngewassen voor het akkerbouwmatige systeem te komen. Deze kerngewassen betreffen aardappel, peen en ui. Voor de geselecteerde kerngewassen is onderzocht welke rassen een goede basis vormen binnen een agro-ecologisch productiesysteem om de geselecteerde knelpunten aan te pakken en de oplossingsrichtingen tot hun recht te laten komen. Vervolgens zijn per oplossingsrichting de mogelijke maatregelen en technieken voor elk pathogeen, plaag en onkruid tegen elkaar afgewogen. Op deze manier wordt integraal de afweging gemaakt welke maatregel of techniek het beste past bij de aanpak van alle in het perceel voorkomende plaagorganismen.

Figuur 5 geeft schematisch alle gecombineerde middelen en maatregelen weer die in de casus akkerbouw zijn toegepast om een weerbaar prototype teeltsysteem (ICM) te vormen. Per pijler worden deze in onderstaande tekst op hoofdlijnen toegelicht. In de referentie (REF) wordt gewasbescherming toegepast zoals een lokale adviseur dit adviseert.

1. Gewasdiversiteit in tijd en ruimte

Het verhogen in diversiteit door gebruik te maken van een bredere vruchtwisseling biedt over het algemeen een goed fundament van een weerbaar systeem. Het biedt veel perspectief voor de beheersing van insecten, onkruiden en van bodem gebonden ziekten die specifiek zijn voor aardappel zoals *Rhizoctonia* en in mindere mate *Alternaria* die door een bredere vruchtwisseling minder hun populatie kunnen opbouwen in de bodem. Echter, aaltjes en bodem gebonden plagen met een brede waardplantstatus hoeven hier niet door onderdrukt te worden. Naast de totale lengte van de vruchtwisseling, is het aantal (percentage) rustgewassen in de rotatie van belang, met het oog op gewasdiversiteit in tijd en het belang voor biodiversiteit. Granen, grassen en vlinderbloemigen worden gecategoriseerd als rustgewas en leiden tot minimale bodemverstoring en maximale bodembedekking, zeker ten opzichte van rooigewassen als suikerbiet, peen en aardappel. Binnen één bouwplan kunnen gewassen in verschillende frequentie geteeld worden. Bijvoorbeeld ui eens in de acht jaar en aardappel of suikerbiet eens in de vier jaar. Ook de keuze van de niet salderende gewassen als groenbemesters of stikstofbinders spelen een rol in de (al dan niet) vermeerdering van ziekten en plagen.

In deze casus is in ICM gekozen voor verhoogde diversiteit in de tijd middels een 8 jarig bouwplan, waarin aardappel vanwege de hoge economische waarde van het gewas in twee jaren geteeld wordt. De gewassen in het bouwplan zijn: aardappel, kool, peen, ui, suikerbiet, graan, en gras/klaver. Het 8 jarige bouwplan wordt vergeleken met een bouwplan van vier jaar in de REF: aardappel, suikerbiet, ui, graan. ICM met 4 jarige rotatie, REF met 8 jarige rotatie zijn ten behoeve van een meer gedetailleerde analyse van de resultaten, ook opgenomen in het toetsingsschema.

In de opzet van het systeem is er ruimte voor de stimulatie van nuttige insecten als bestuivers en natuurlijke vijanden (functionele agrobiodiversiteit). Daarvoor zijn twee type kruidenstroken toegepast: een permanente, primair voor bestuivers, en een éénjarige kruidenstrook in de kool voor stimuleren van natuurlijke vijanden van plaagorganismen in die kool.

De waarde van gewasdiversiteit in de ruimte voor de beheersing van ziekten, plagen en onkruiden wordt verder in onder andere het project *Boerderij van de Toekomst* (www.farmofthefuture.nl) onderzocht, middels een strokenteeltproef gelegen naast de hier onderzochte prototypes. Resultaten van de waarnemingen aan ziekten en plagen in deze strokenteeltproef zijn meegenomen in sectie 3.3.2.

2. Ras keuze en teeltwijze

Voor ziekten en plagen is vervolgens veel winst te behalen met een slimme ras keuze. Door te kiezen voor rassen die resistent (geen vermeerdering) of tolerant (niet gevoelig voor schade) zijn, voorkom je ziekte of aantasting en zo ook schade. Helaas zijn voor een groot aantal gewassen nog geen gecombineerde resistenties tegen meerdere ziekten of plagen beschikbaar. Ook kunnen deze rassen vanuit commercieel oogpunt minder aantrekkelijk zijn, omdat de consument of de verwerkende industrie graag andere eigenschappen zien (denk aan smaak of bak kwaliteit). Door te spelen met zaaidata, zaaipatronen en

dichtheden kan het gewas eveneens een voorsprong krijgen op onkruiden, en hoge dichtheden van ziekten of plagen vermijden of minder beïnvloed worden.

De ras keuzes staan niet vast voor de gehele looptijd van het programma, maar worden bijgesteld al naar gelang de aanwezige ziekten en plagen, de beschikbare beheersingsmogelijkheden en opgedane ervaringen (Tabel 2). De keuze van de rassen is gebaseerd op meerdere, soms contrasterende, eisen die aan het ras gesteld werden. Enkele toelichtende opmerkingen daarbij:

- Voor aardappel is in de eerste jaren gekozen voor een ras dat goed bestand is tegen aardappelmoeheid, omdat tegen deze plaag alleen met ras keuze is te sturen binnen een vastliggende rotatie. Dit betekende binnen het huidige rassenaanbod toegeven op de resistentie tegen het pathogeen *Phytophthora infestans*.
- Voor peen is in de eerste jaren gekozen voor het later zaaien om de eerste generatie wortelvlieg te ontwijken. Er is daarbij gekozen voor een ander ras met een snellere ontwikkeling om het verlies aan groeidagen te compenseren. In latere jaren is gekozen voor een ander ras, omdat het eerder gekozen ras vanwege de slechtere rooibaarheid te veel aan opbrengst inleverde en het effect op de wortelvlieg in het systeem te klein bleek.
- Voor uien is gekozen voor een resistent ras tegen *P. destructor*, de veroorzaker van valse meeldauw.

Tabel 2 Ras keuze in ICM en REF systeem in de casus akkerbouw in de periode 2018-2021.

Gewas	2018	2019	2020	2021
Graan	Irina	Calgary	Calgary	Calgary
Aardappel	Innovator	Innovator	Innovator	Innovator
Peen	REF: Nerac ICM: Namdahl	REF: Nerac ICM: Namdahl	Nerac	Nerac
Ui	REF: Hybelle ICM: Hylander	REF: Hybelle ICM: Hylander	REF: Hytech IC ICM: Hylander	REF: Hybelle BC ICM: Hylander
Kool	Rivera	Rivera	Rivera	Expect
Suikerbiet	Florena	Florena	BTS 2165	Leontina KWS

3. Duurzaam Bodembeheer

Bodembeheer is een instrument waarmee ziekten, plagen en onkruiden kunnen worden beïnvloed en schade aan het gewas wordt beperkt. Daarbij speelt het type en de hoeveelheid bemesting een rol. Een goed groeiend gewas kan weerbaarder zijn tegen ziekten of plagen dan een minder goed groeiend gewas. Een kerende bodembewerking is effectief voor onkruidbeheersing, omdat onkruidzaden diep weggestopt worden en wortelonkruiden worden uitgeput. Kennis over de weerbaarheid van de bodem en concrete maatregelen om de weerbaarheid te verhogen worden nog steeds ontwikkeld. In zowel de ICM als de REF zijn gewassen berekend wanneer nodig, zijn bodembewerkingen gelijk geweest en de bemesting uitgevoerd naar gelang de behoefte van het gewas.

4. Gerichte bestrijding

Het zal nodig blijven om in te grijpen om te grote schade te voorkomen. Daarom worden op basis van beslissingsondersteunende systemen laag-risico middelen, chemische gewasbeschermingsmiddelen (geen Cfs) gericht ingezet. In de ICM-aanpak wordt daartoe gebruik gemaakt van beslissingsondersteunende systemen op basis van gemonitorde data (zie punt 5 hieronder). Deze activiteiten worden in de ICM ondersteund door precisielandbouw. Data-gedreven gewasbescherming ondersteunt de bewuste inzet van chemische en niet-chemische gewasbeschermingsmiddelen. Door de inzet van precisietechnieken vindt pleksgewijze bestrijding plaats. In de REF vindt in alle gevallen volveldse bestrijding plaats.

5. Monitoring en evaluatie

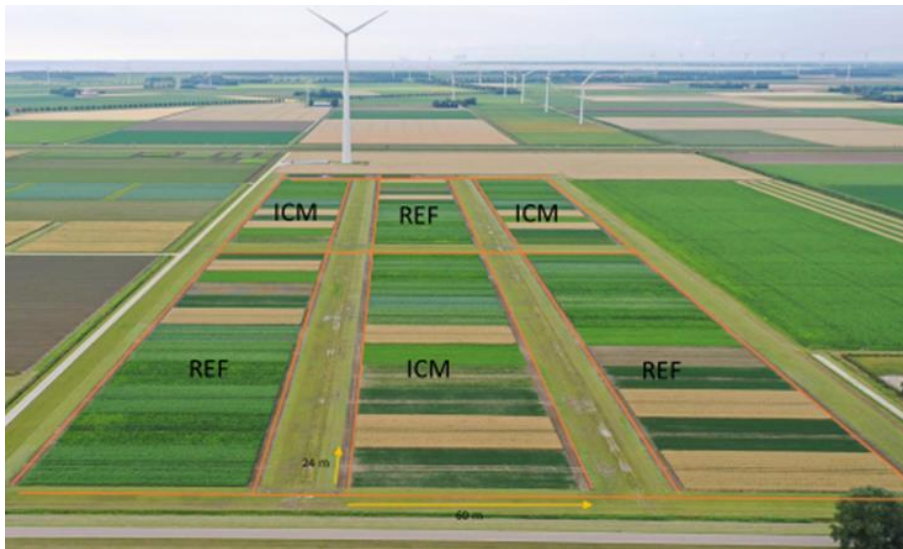
Gedurende de teelt worden gewas, ziekten, plagen en onkruiden gemonitord. Deze data vormen de basis voor de beslissing om al dan niet in te grijpen (pleksgewijs) in het ICM-systeem om verdere aantasting van het gewas of problemen in een volggewas te voorkomen. Waar mogelijk wordt gebruik gemaakt van bestaande beslissingsondersteunende systemen (BOS) zoals de *P. infestans* app op FarmMaps en andere gevalideerde BOS-systemen zoals Best4Soil aaltjes, Best4Soil schimmels, gezondgewastool, Nemadecide, en BKP-aaltjes. Ook commercieel beschikbare BOS-systemen worden geraadpleegd. Voor alle systemen geldt dat ze medebepalend zijn voor al of niet het nemen van een maatregelen tegen een ziekte of een plaag.

[illegible]

Het prototype wordt vergeleken met een **4 jarig referentiesysteem**, waarin de gewasbescherming wordt uitgevoerd op basis van het advies van een adviseur uit de regio en de inzichten van de bedrijfsleider. De vergelijking vindt plaats in een gewarde blokkenproef: 3 blokken met ICM, 3 blokken met referentiestrategie (Figuur 6).

De volgende parameters worden vastgelegd:

- Rapport WPR-1249 | 19

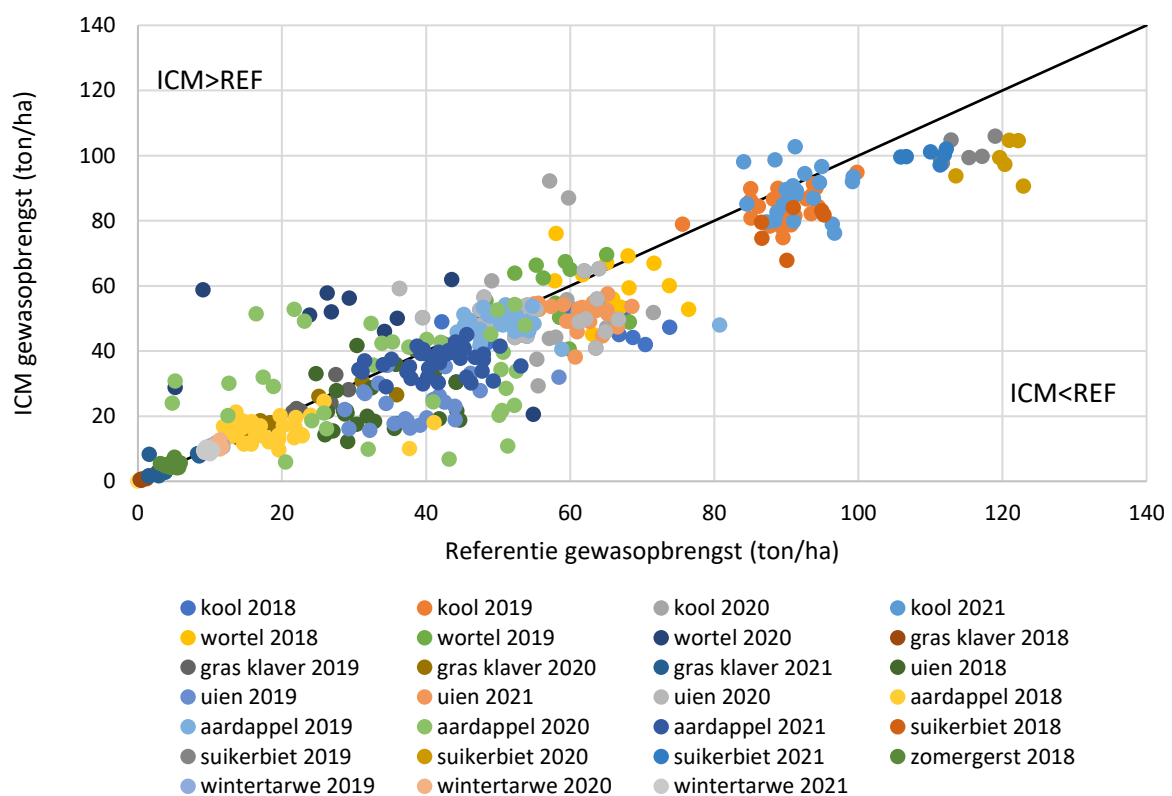


Figuur 6 Toetsing van ICM vs. REF strategie in casus akkerbouw. ICM= prototypesysteem. REF= referentiesysteem.

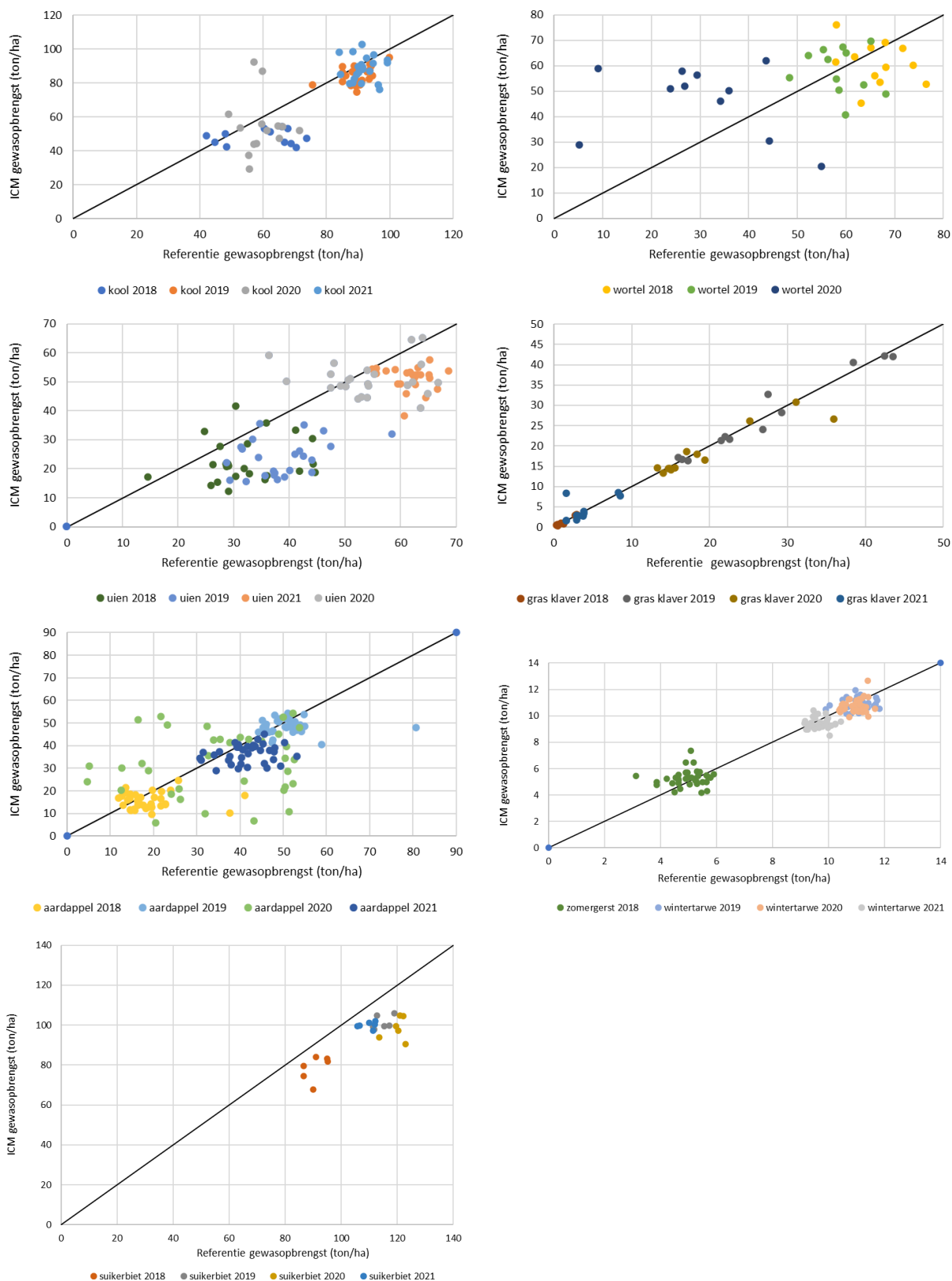
3.3 Landbouwkundige resultaten over de toetsjaren

3.3.1 Gewasopbrengsten

De gewasopbrengsten over de eerste vier toetsjaren (2018-2021) staan weergegeven in Figuur 7 (alle gewassen), en Figuur 8 (afzonderlijke gewassen). Gemiddeld genomen zijn de gewasopbrengsten in het ICM-systeem lager dan in het REF-systeem.



Figuur 7 Gewasopbrengsten (2018-2021) in netto ton/ha voor de ICM en de REF.

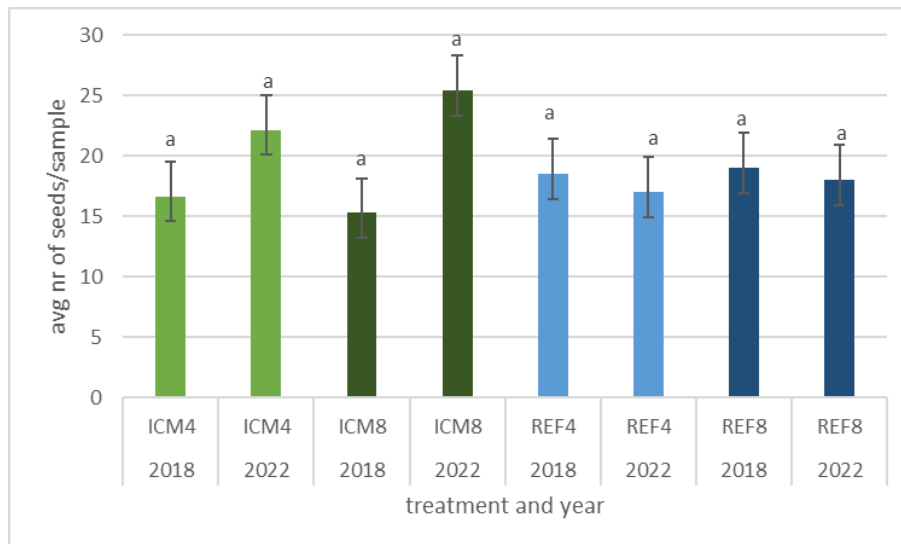


Figuur 8 Gewasopbrengsten van kool (2018-2021), ui (2018-2020), gras/klaver (2018-2021), aardappel (2018-2021), wintergerst (2018), wintertarwe (2019-2021), suikerbiet (2018-2021) en peen (2018-2020) in netto ton/ha voor de ICM en de REF.

3.3.2 Ziekten, plagen en onkruiden

Onkruiden

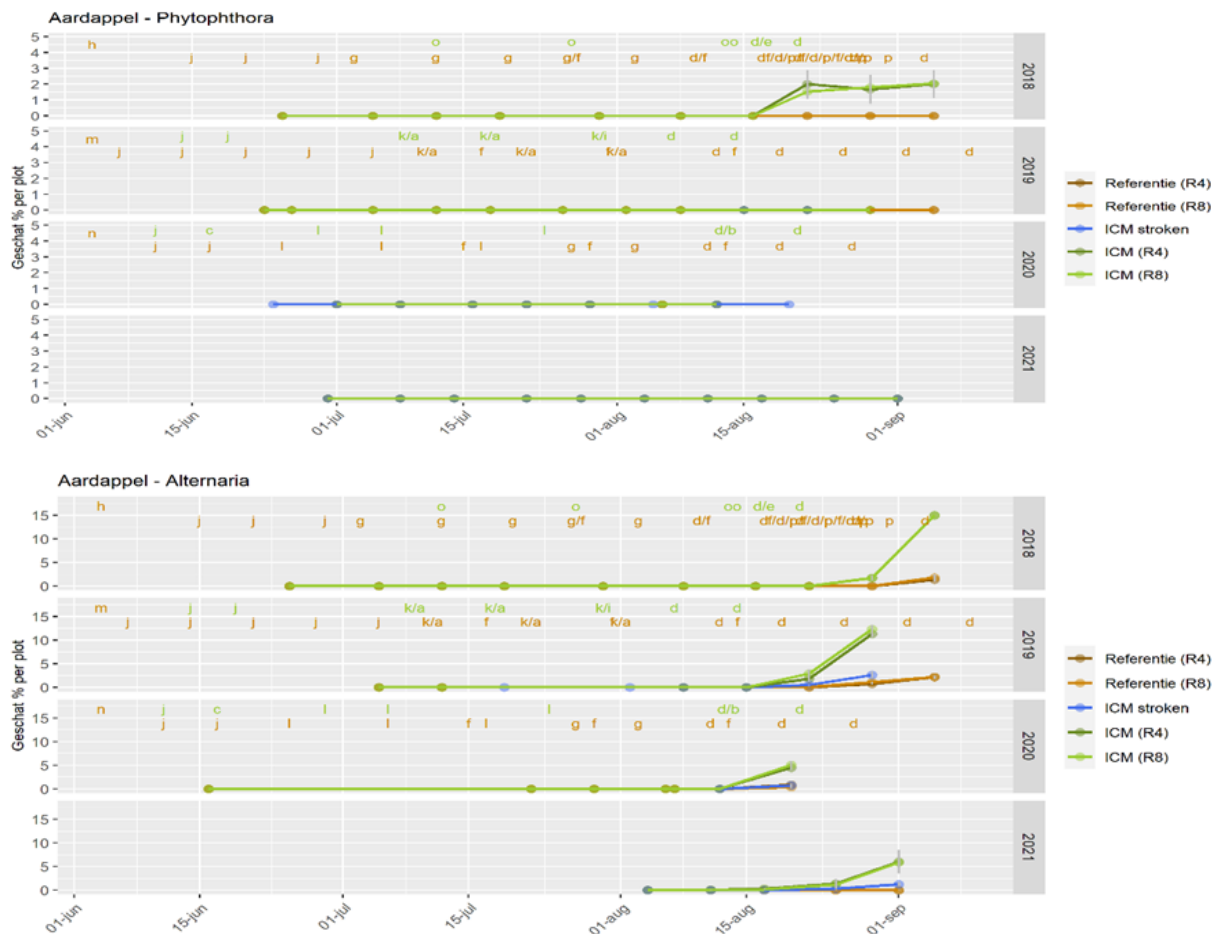
Het aantal onkruiden in de zaadbank in 2018 is vergeleken met het aantal onkruiden in de zaadbank in 2022. Er is in beide jaren in maart bemonsterd. Onkruidzaden in de grondmonsters (bovenste 10 cm) hebben in de kas de kans gekregen om te kiemen in de periode maart - september. De grondmonsters zijn gekeerd op het moment dat er geen onkruiden meer kiemden, zodat nieuwe zaden de kans kregen te ontkiemen. Zaailingen zijn gedetermineerd op soort. Het totaal aantal onkruiden in de zaadbank in het ICM-systeem was in 2022 niet significant verschillend van het aantal onkruiden in de zaadbank in 2018 ($p < 0.05$). Er is echter wel een trend te zien dat de zaadbank in de ICM-systemen iets toe lijkt te nemen ten opzichte van 2018, waar deze in de REF-systemen constanter blijft (Figuur 9).



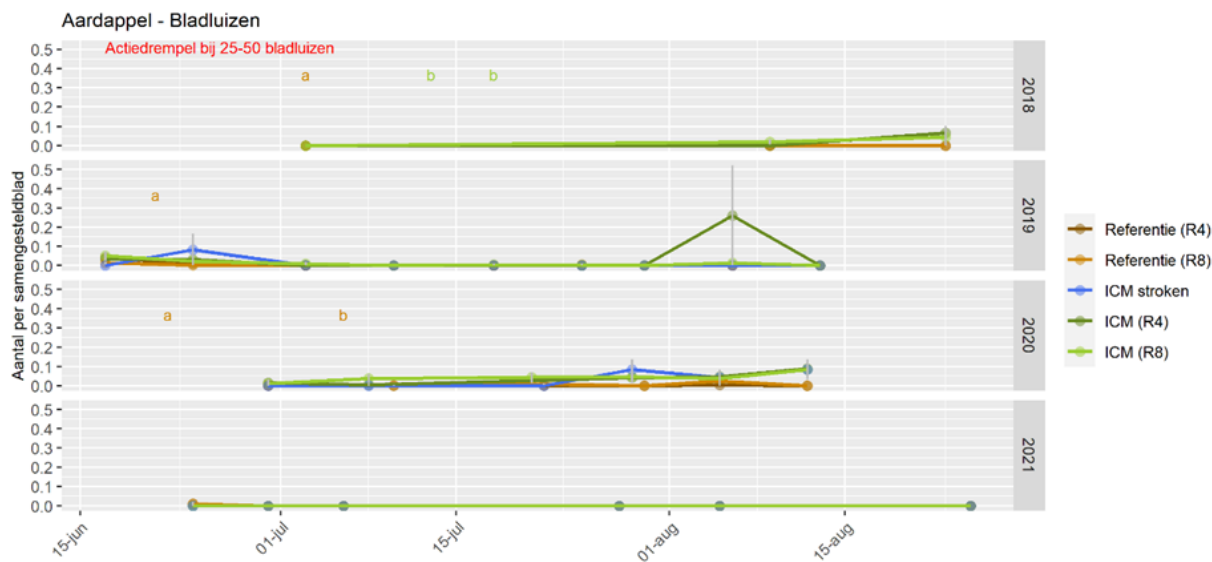
Figuur 9 Gemiddeld aantal zaden in de onkruidzaadbank in het 8jarige ICM-systeem (ICM8), het 4 jarige referentiesysteem (REF4), en ICM4 en REF8 in 2018 en in 2022.

Ziekten en plagen

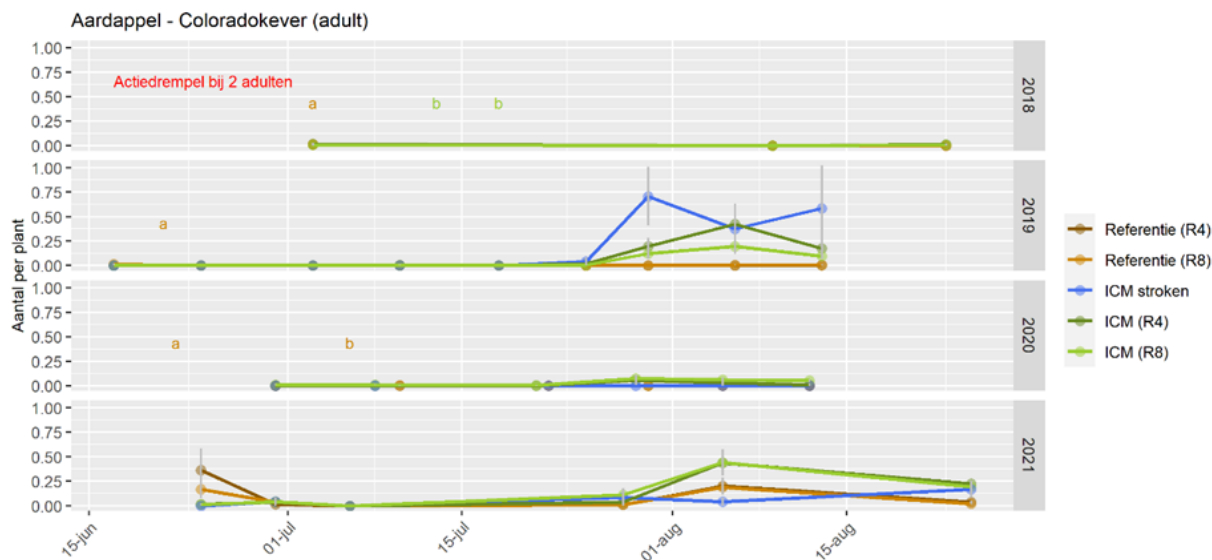
Voor de voornaamste knelpunten, ziekten en plagen (Tabel 1), die op kleigrond voor een grote afhankelijkheid van gewasbeschermingsmiddelen zorgen, worden de resultaten getoond in Figuur 10 t/m Figuur 18. Ter vergelijking laten deze figuren ook de resultaten zien van de strokenteelt proef (zonder gebruik van CfS) die naast het prototype teeltsysteem is aangelegd. De resultaten tonen aan dat een groot aantal ziekten en plagen middels het ICM-systeem en de strokenteelt te beheersen zijn. Wel zijn er een aantal knelpunten zichtbaar: Alternaria aantasting in aardappel naar het einde van het seizoen toe (Figuur 10), meeldauw in meerdere gewassen, waaronder peen (Figuur 15), Trips in zaai ui (Figuur 16), Cercospora aantasting in suikerbieten (Figuur 17).



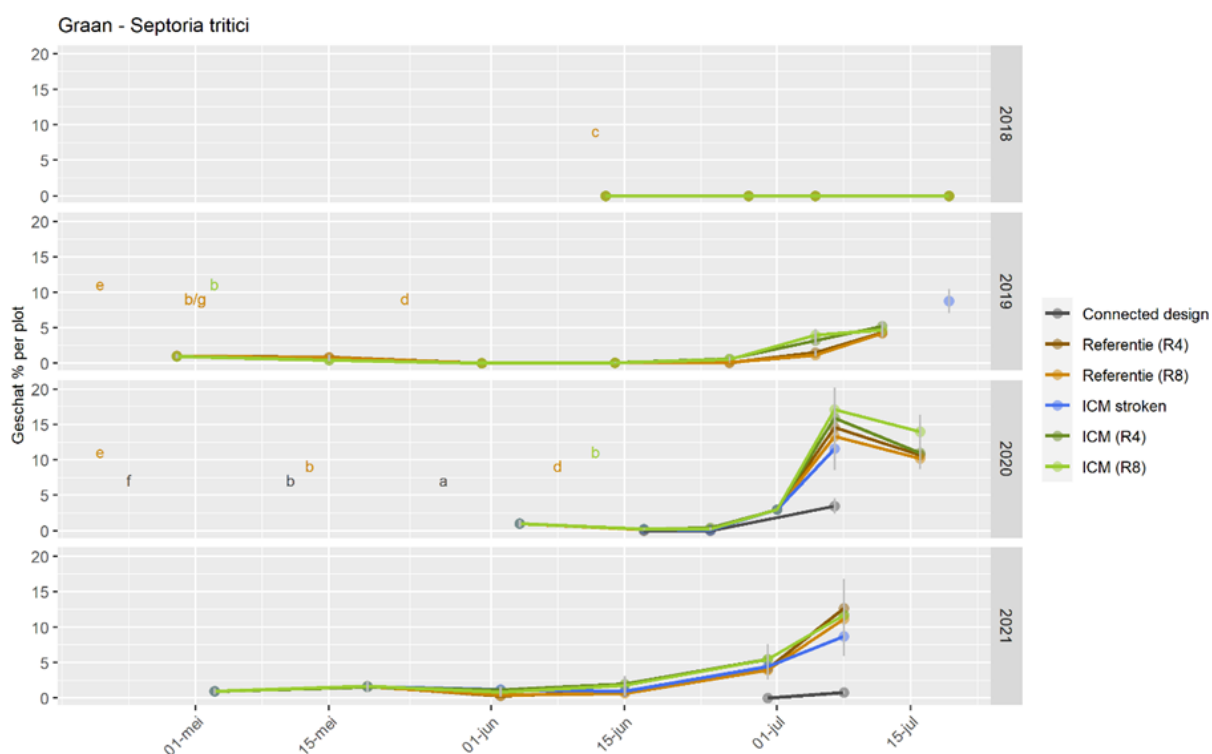
Figuur 10 Geschat percentage aantasting per plot van *P. infestans* (boven) en *Alternaria solani* (onder) in aardappel in 2019-2021, in de ICM (groen), de REF (oranje) systemen en in strokenteelt (blauw, nabijgelegen perceel). De groene en oranje letters geven een behandeling met een middel aan.



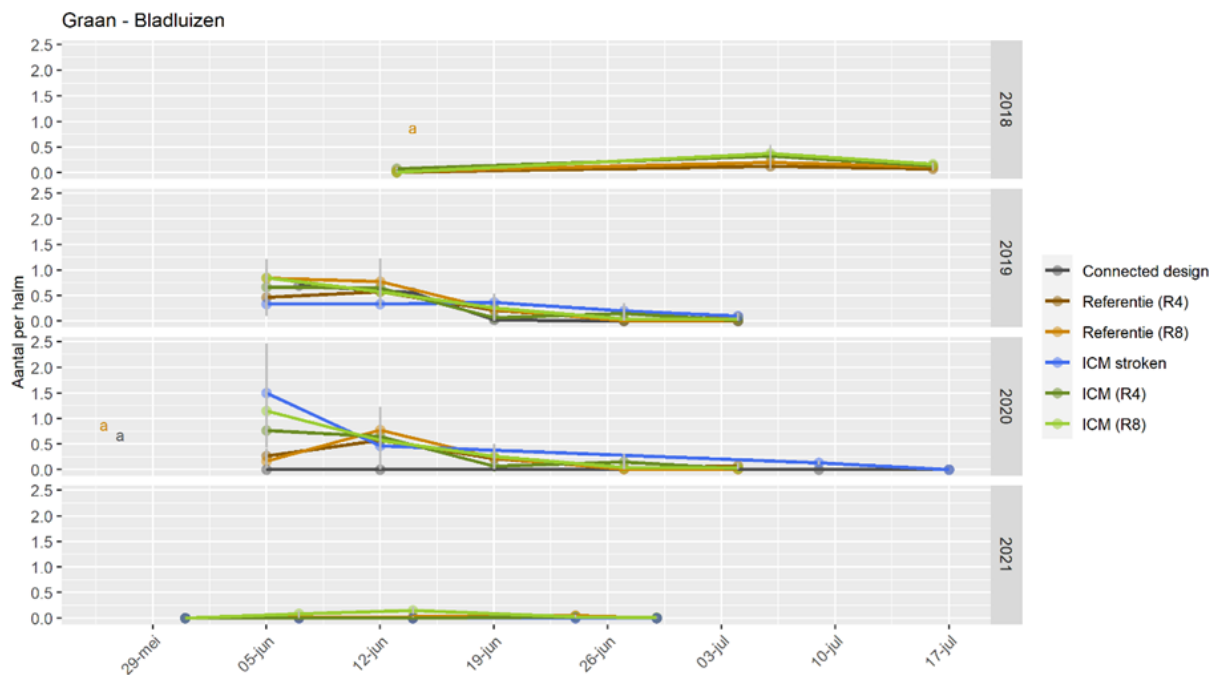
Figuur 11 Aantal bladluizen per samengesteld blad in aardappel in 2019-2021, in de ICM (groen), de REF (oranje) systemen en in strokenteelt (blauw, nabijgelegen perceel). De groene en oranje letters geven een behandeling met een middel aan.



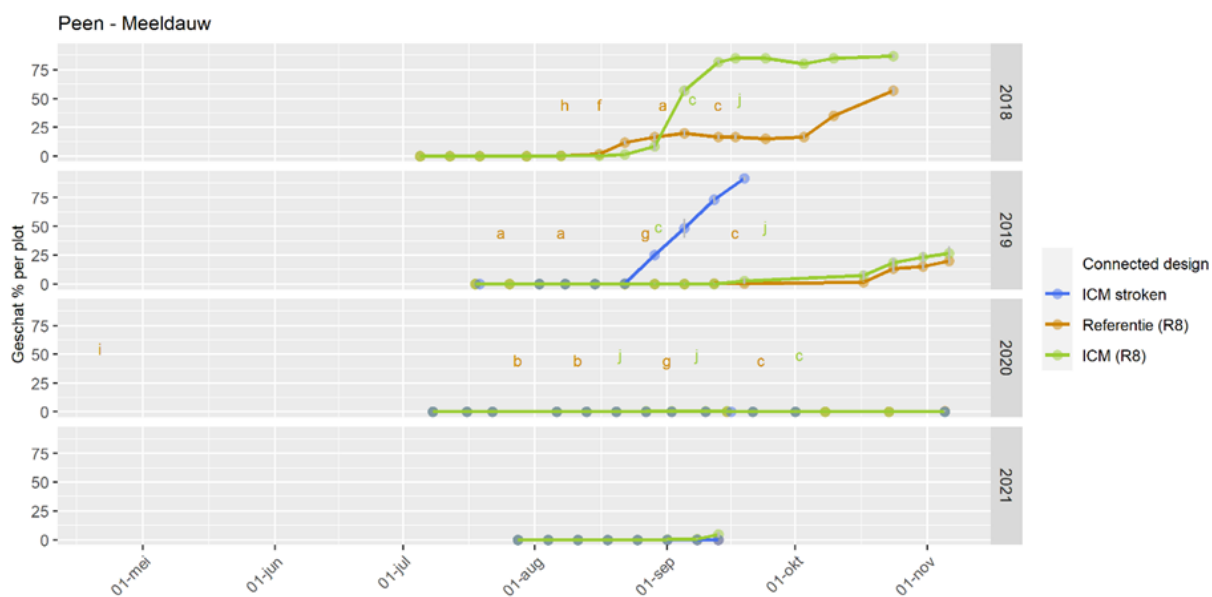
Figuur 12 Aantal coloradokevers per plant in aardappel in 2019-2021, in de ICM (groen), de REF (oranje) systemen en in strokenteelt (blauw, nabijgelegen perceel). De groene en oranje letters geven een behandeling met een middel aan.



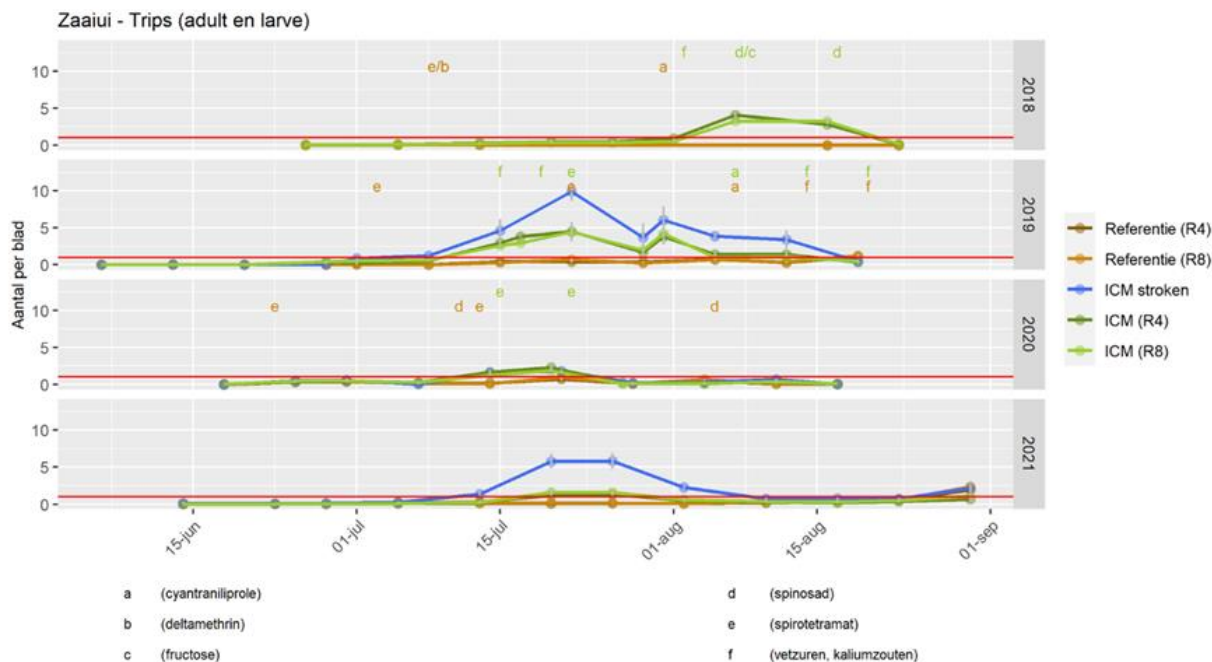
Figuur 13 Geschat percentage aantasting per plot van *Septoria tritici* in graan in 2019-2021, in de ICM (groen), de REF (oranje) systemen en in strokenteelt (blauw, nabijgelegen perceel). De groene en oranje letters geven een behandeling met een middel aan.



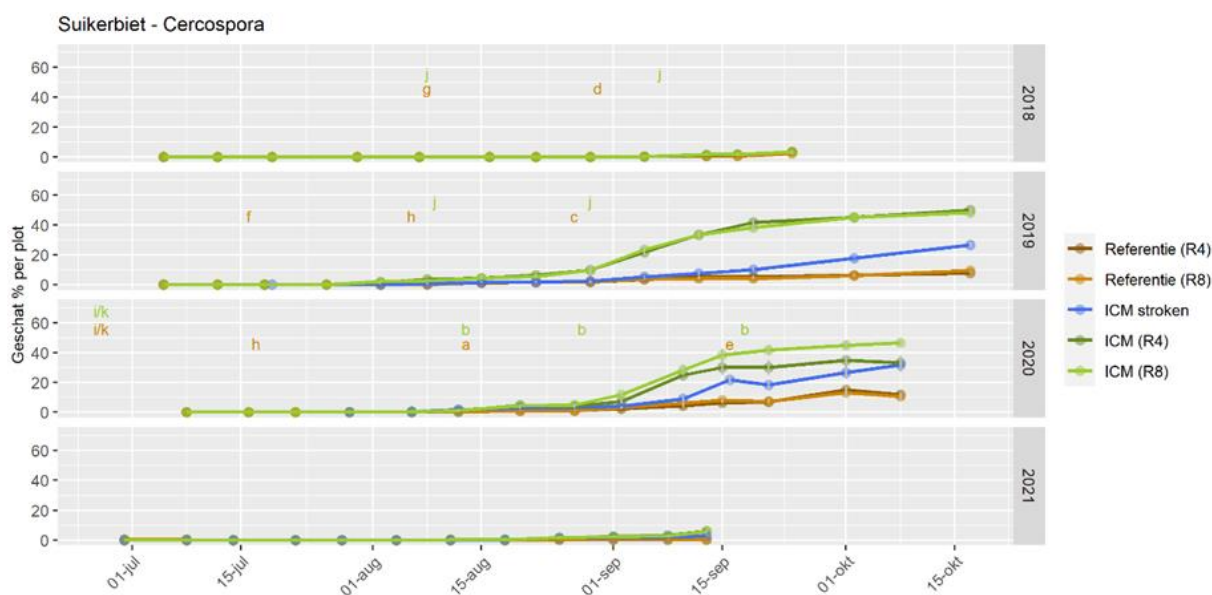
Figuur 14 Aantal bladluizen per halm in graan in 2019-2021, in de ICM (groen), de REF (oranje) systemen en in strokenteelt (blauw, nabijgelegen perceel). De groene en oranje letters geven een behandeling met een middel aan.



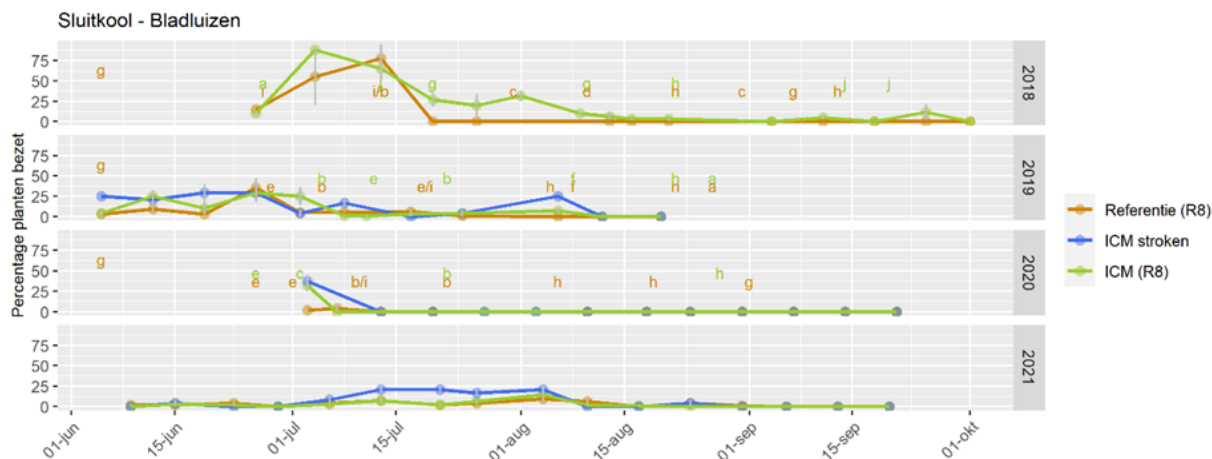
Figuur 15 Geschat percentage aantasting meeldauw in peen in 2019-2021, in de ICM (groen), de REF (oranje) systemen en in strokenteelt (blauw, nabijgelegen perceel). De groene en oranje letters geven een behandeling met een middel aan.



Figuur 16 Aantal trips in zaai ui in 2019-2021, in de ICM (groen), de REF (oranje) systemen en in strokenteelt (blauw, nabijgelegen perceel). De groene en oranje letters geven een behandeling met een middel aan.



Figuur 17 Geschat percentage aantasting Cercospora in suikerbiet in 2019-2021, in de ICM (groen), de REF (oranje) systemen en in strokenteelt (blauw, nabijgelegen perceel). De groene en oranje letters geven een behandeling met een middel aan.



Figuur 18 Percentage koolplanten bezet door bladluis in 2019-2021, in de ICM (groen), de REF (oranje) systemen en in strokenteelt (blauw, nabijgelegen perceel). De groene en oranje letters geven een behandeling met een middel aan.

Pesticiden gebruik

In de ICM-strategie zijn **geen** pesticiden behorende tot de CfS gebruikt. Deze middelen werden in de REF wel geadviseerd door de lokale adviseur en daarom toegepast. De frequentie en hoeveelheid van het aantal toegepaste pesticiden varieert in de ICM-strategie van 10-80% ten opzichte van de REF-strategie, afhankelijk van het jaar en gewas. Gemiddeld is de gebruiksfrequentie en -hoeveelheid ongeveer 50% minder in de ICM-strategie.

3.4 Impact op milieu

De milieu impact door het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen in de ICM en REF systemen kan op verschillende wijze berekend worden. De impact wordt in deze casus beschreven met de Harmonised Risk Index (HRI), de hoeveelheid gebruikte actieve stof, de CLM-milieumeetlat, en de Environmental Impact Quotient (EIQ) van Cornell University.

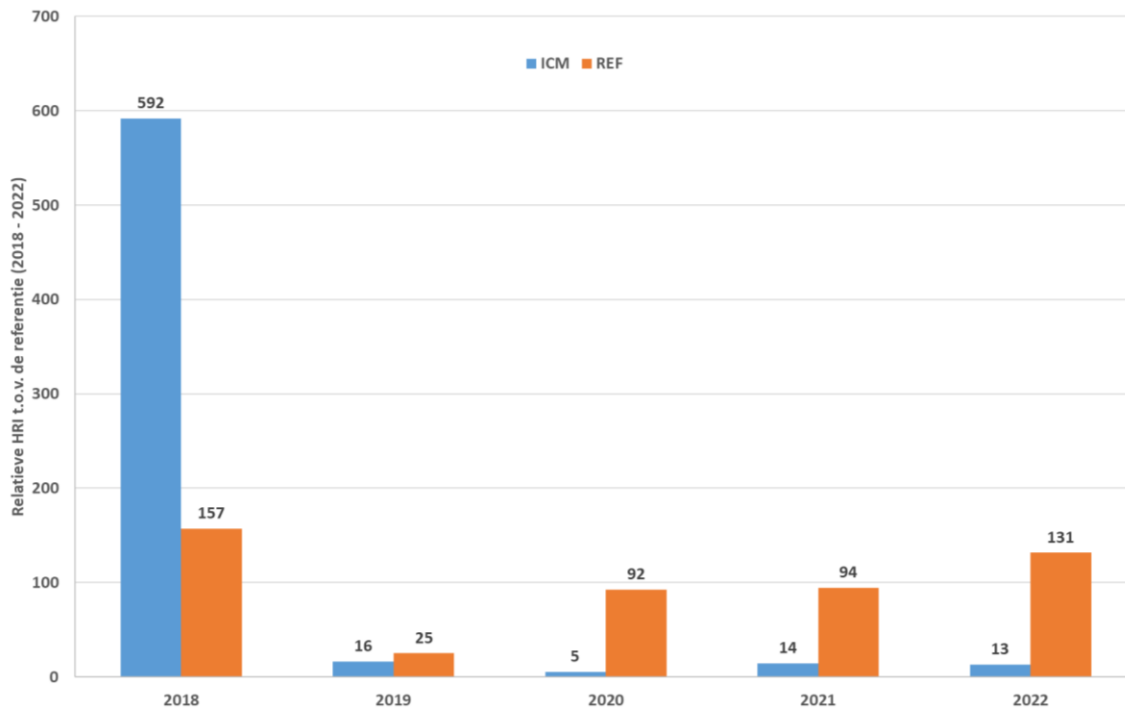
Figuur 19 toont de HRI voor aardappel in beide systemen over de toetsperiode. De waarden zijn relatief ten opzichte van de gemiddelde HRI in de REF over de toetsperiode weergegeven. Figuur 24 toont de hoeveelheid gebruikte actieve stof in beide systemen over de toetsperiode.

Figuur 21 toont de milieubelasting punten (MBP) berekend met de CLM-milieumeetlat voor waterleven, bodemleven en grondwater. Hierbij is ervan uitgegaan dat er met 90% drift reducerende technieken (DRT) is gespoten in beide systemen. Zou dit met 95% DRT zijn gebeurd dan halveert de MBP. In REF en in ICM is in principe met dezelfde techniek gespoten. Indien plaatsspecifiek is gespoten is hiermee rekening gehouden door het volume aan te passen. Voor grondwaterbelasting wordt uitgegaan van een bodem organische stofgehalte van tussen de 1.5-3%.

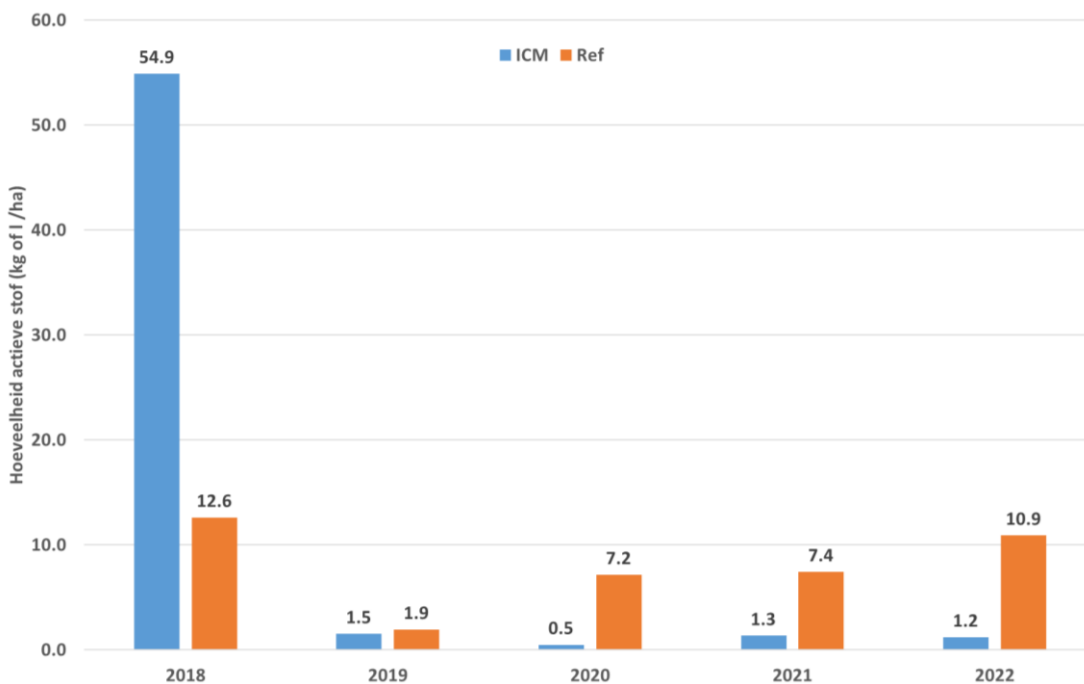
In Figuur 22 wordt de milieubelasting weergegeven volgens de Environmental Impact Quotient (EIQ). Dit model berekent de milieu impact (de zogenaamde FieldUse EIQ) op basis van het gemiddelde van de risico's voor boeren, consumenten en ecologie.

Doorgaans is de milieubelasting in ICM aanmerkelijk lager dan in de REF. Bij de berekening van de HRI valt op dat ICM in 2018 zeer hoog scoort. Dit heeft vooral te maken met de inzet in dat jaar van het middel Beloukha (pelargonzuur 680 g/l) voor loofdoding waarbij twee keer met 16 l/ha gespoten werd. Ook het gebruik van *Bacillus spp* draagt bij aan de hoge waarden voor de HRI in ICM-2018 (Figuur 19). Het gebruik van zowel *Bacillus spp* en Beloukha is ook terug te zien in de hoeveelheid toegepaste actieve stof (Figuur 20). In de EIQ is alleen het gebruik van *Bacillus spp* terug te zien omdat pelargonzuur niet is

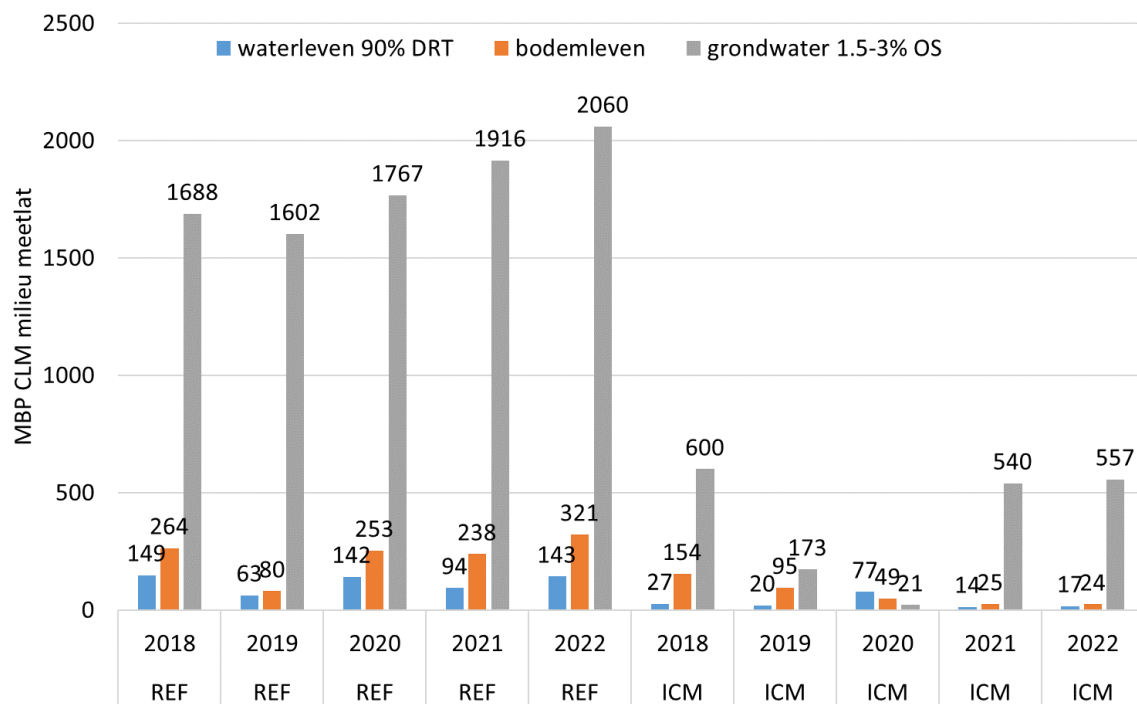
opgenomen in de EIQ-data base. Het is onduidelijk hoe zich dat vertaalt in de EIQs getoond in Figuur 22 omdat deze methode niet alleen rekening houdt met de gebruikte hoeveelheid middel maar ook met de stofkarakteristieken van het middel die niet bekend was in de EIQ-data base.



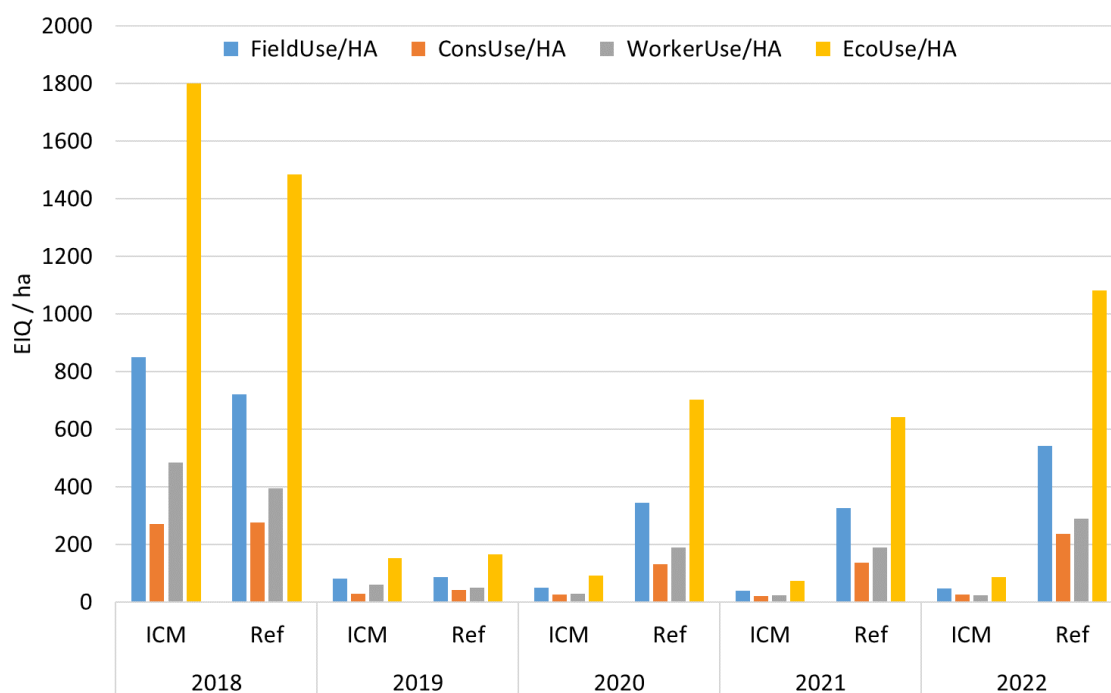
Figuur 19 De Harmonised Risk Index (HRI) van de ICM-prototype en REF in de periode 2018-2022. De gemiddelde HRI-waarde van de referentie over de periode 2018-2022 is op 100 gezet, de waarde voor de ICM-aanpak is daar relatief aan. De HRI is berekend voor de teelt van aardappelen. In 2018-ICM is een alternatief loofdodingsmiddel (32 l/ha met 65% actieve stof) gebruikt dat als een normaal gewasbeschermingsmiddel is meegeteld.



Figuur 20 De totaal hoeveelheid ingezette actieve stof in de teelt van aardappelen in de referentie (Ref) en ICM. In 2018-ICM is een alternatief loofdodingsmiddel (32 l/ha met 65% actieve stof) gebruikt dat als een normaal gewasbeschermingsmiddel is meegeteld.



Figuur 21 Milieubelasting berekend volgens de CLM Milieu meetlat over de periode 2018-2022 voor de referentie (REF) en ICM bij de teelt van aardappelen. Zie tekst voor toelichting.

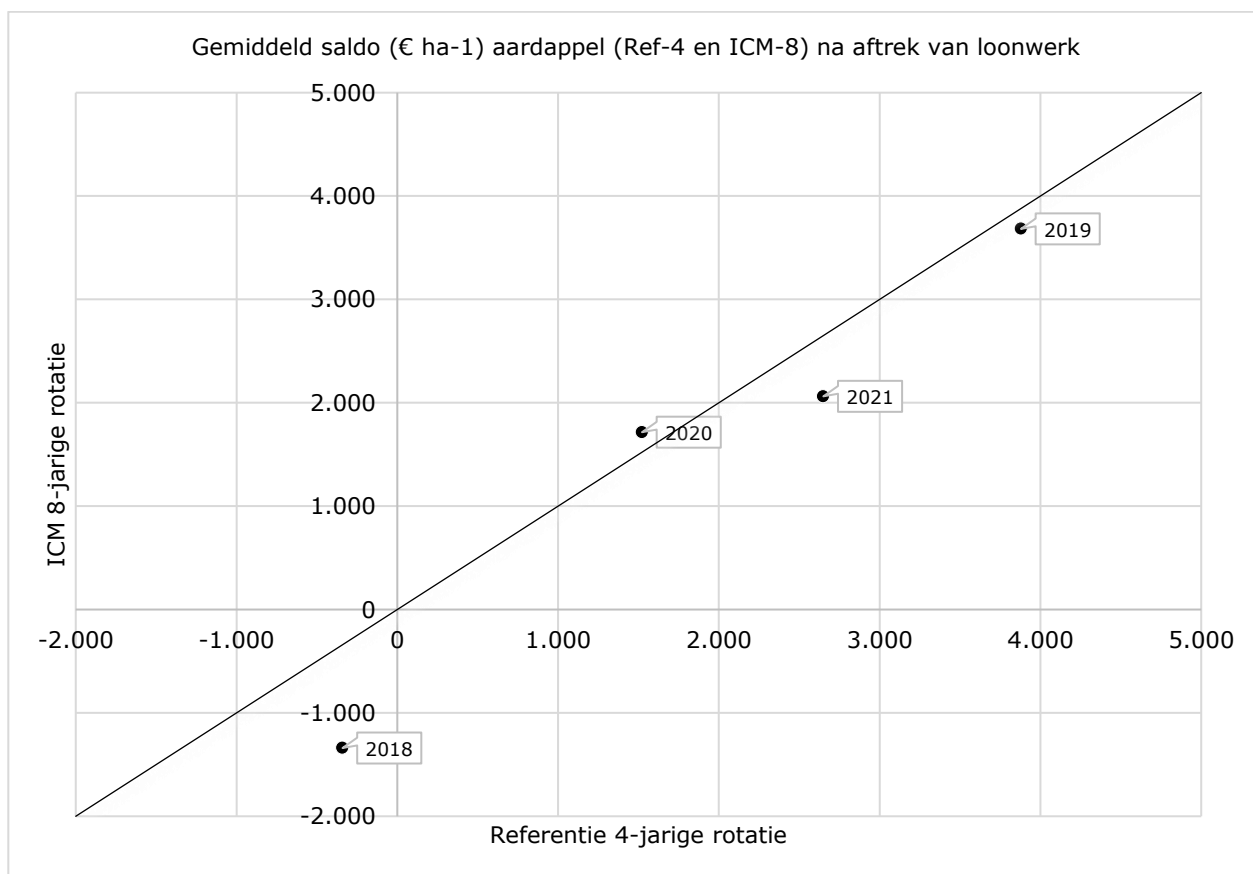


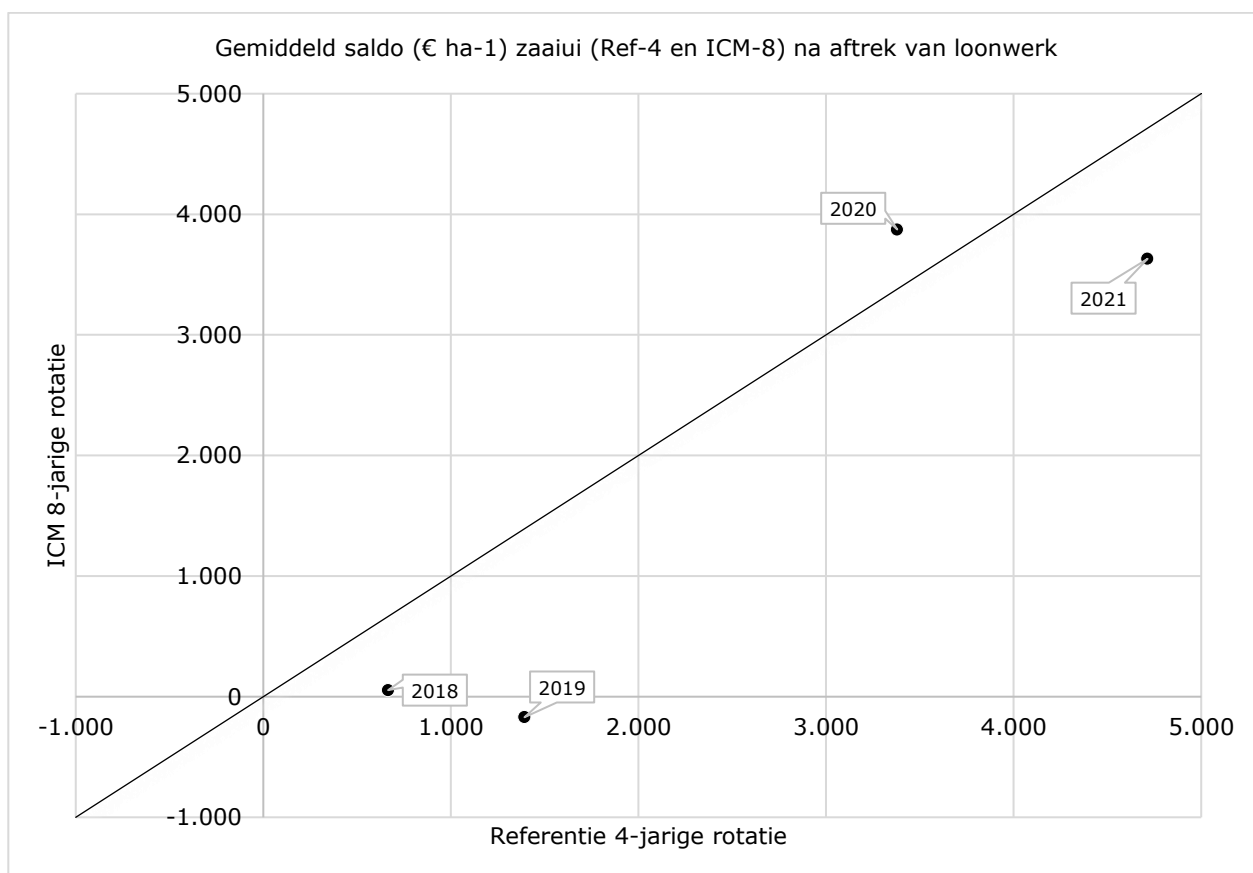
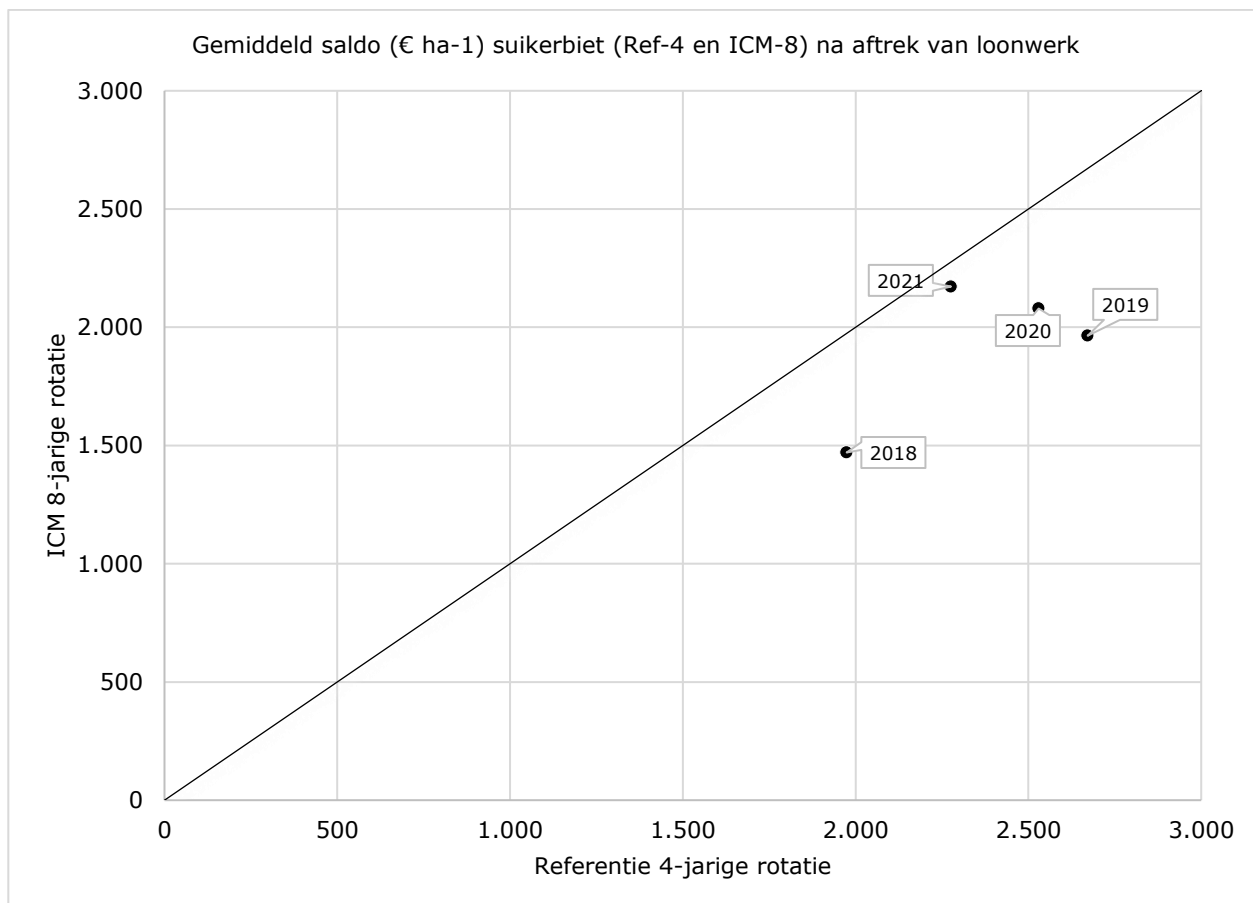
Figuur 22 Milieubelasting volgens de Environmental Impact Quotient voor de referentie (Ref) en ICM in de teelt van aardappelen in de periode 2018-2022. FieldUse=FieldUse EIQ; ConsUse = Consumer component; WorkerUse=Boeren component; EcoUse = Ecological component.

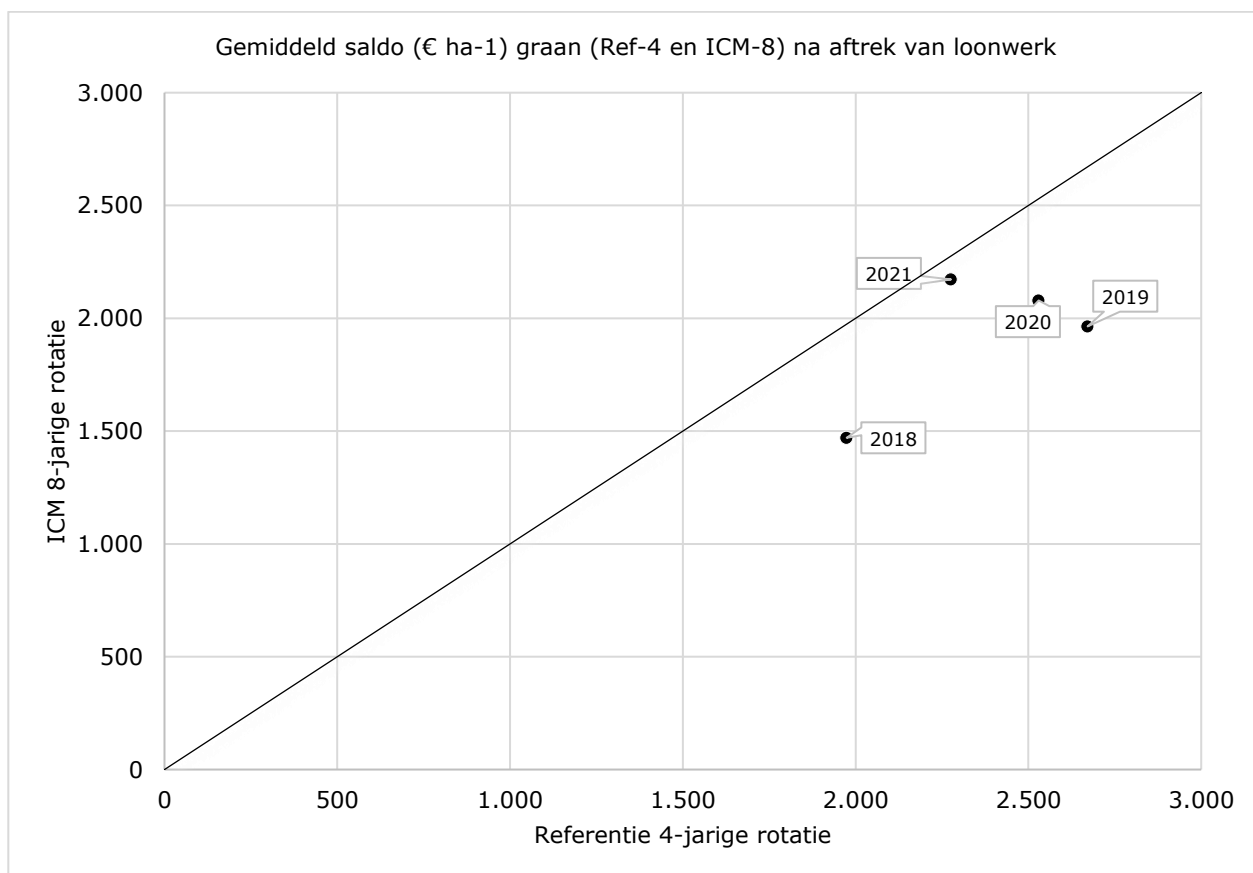
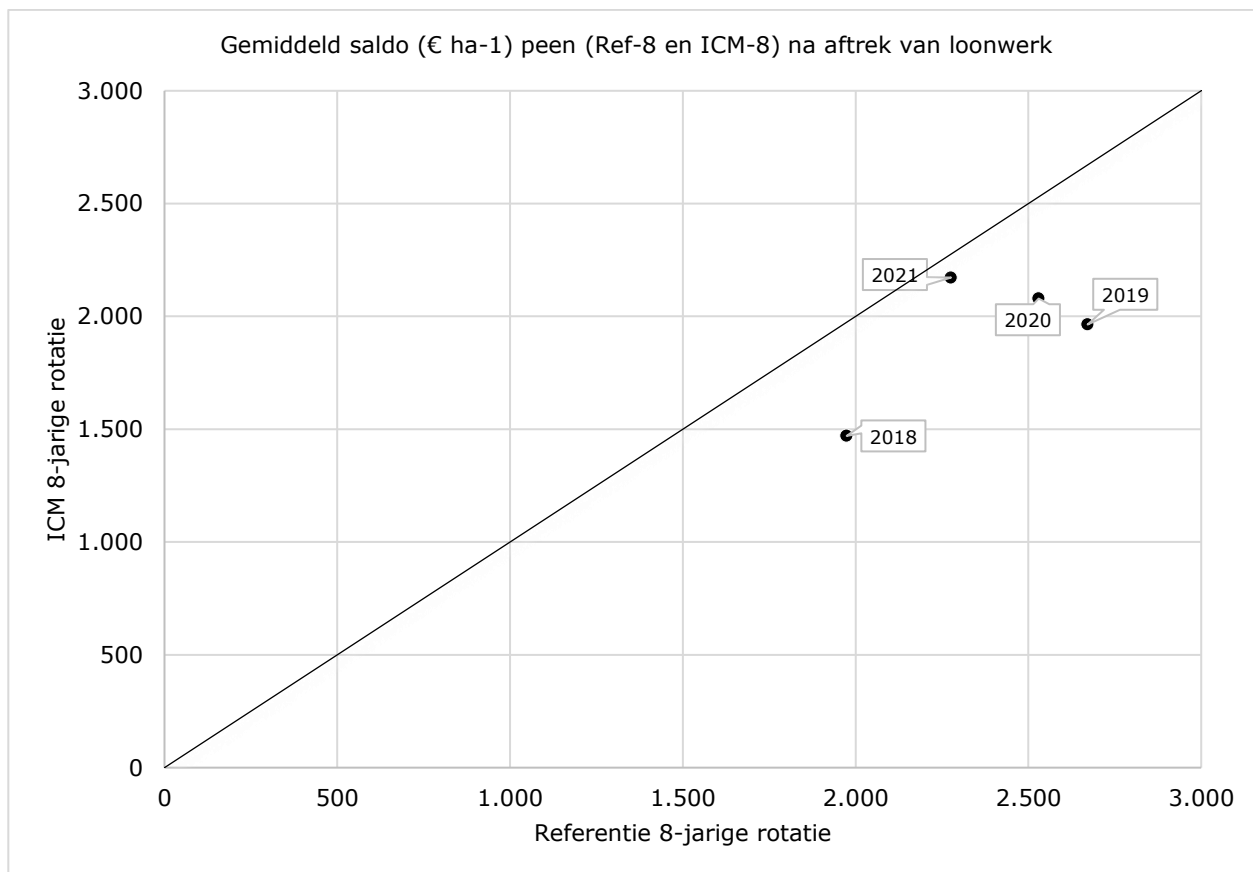
3.5 Impact op economie

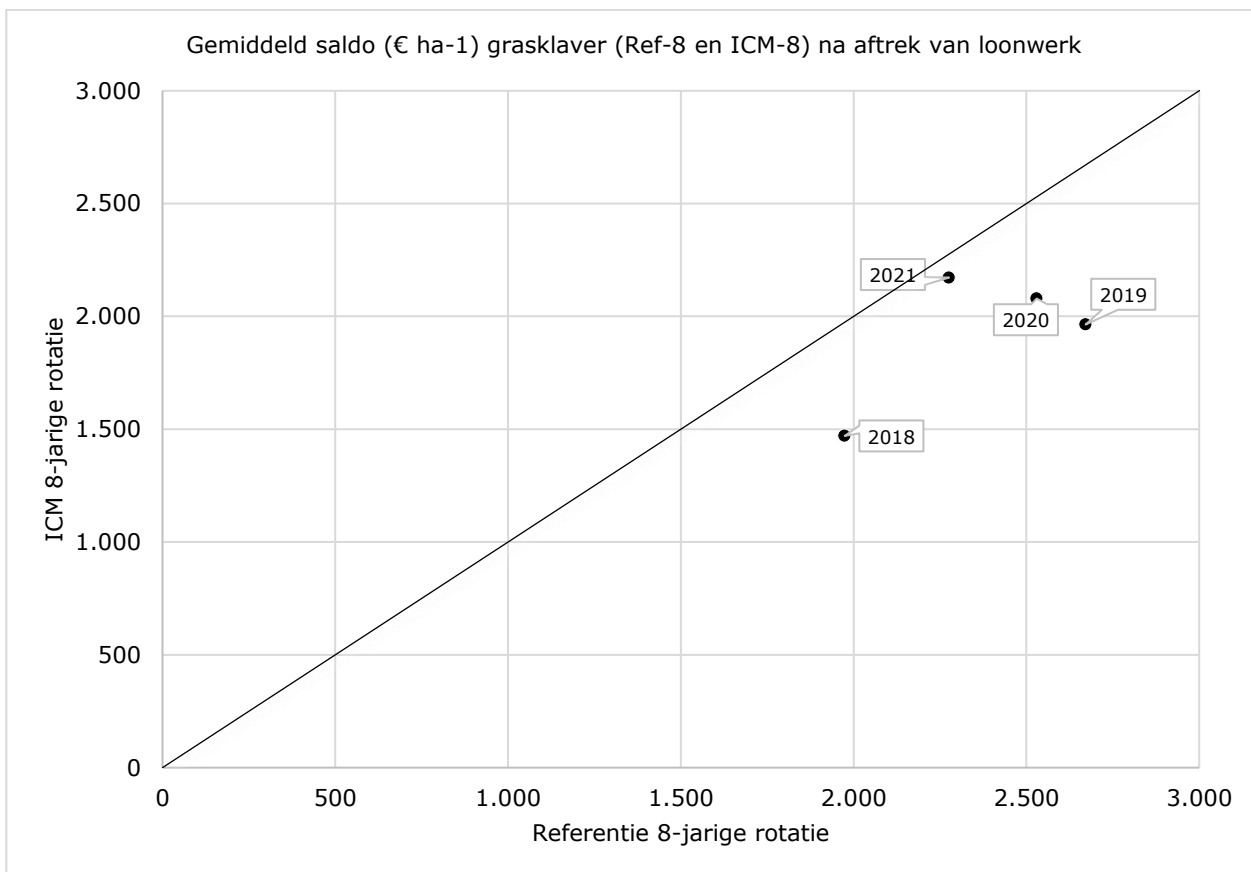
Om de bedrijfseconomische impact te bepalen zijn er per gewas over de periode 2018-2021 saldo berekeningen gemaakt (Figuur 23). Het saldo wordt gevormd door twee hoofdcomponenten namelijk de bruto-geldopbrengst van het gewas minus de toegerekende kosten. De bruto-geldopbrengst is het resultaat van de fysieke opbrengst vermenigvuldigd met de gemiddelde opbrengstprijs van het hoofdproduct en bijproduct. De toegerekende kosten omvatten uitgangsmateriaal, meststoffen, gewasbeschermingsmiddelen, energie, overige grond- en hulpstoffen, afzetkosten en overige product-gebonden kosten en werk door derden. Voor de berekening van de saldo's zijn de fysieke opbrengsten, type bewerkingen en hoeveelheid gebruikte input afgeleid van de proefdata in Lelystad. Deze zijn vervolgens gecombineerd met prijsdata uit de KWIN-AGV (Kwantitatieve Informatie Akkerbouw en Vollegrondsgroenteteelt) 2022 om de economische vertaalslag te maken. De berekende resultaten zijn geen exacte projecties, maar geven een indicatie van de economische prestaties van beide systemen ten opzichte van elkaar. De saldo's zijn nog exclusief arbeid van de teler. In de eindanalyse zullen de saldo berekeningen gemaakt worden, inclusief kosten voor arbeid, weergave van kosten voor gewasbeschermingsmiddelen en gevoeligheidsanalyses.

De saldo's zijn hieronder gestructureerd aan de hand van de verschillende gewassen. Hierbij zijn de gewassen uit het 4-jarige referentie bouwplan uitgezet ten opzichte van de 8-jarige ICM-strategie. Waar de 4-jarige referentie niet beschikbaar was is de 8-jarige referentie gekozen. De getoonde saldo's zijn na aftrek van de loonwerkkosten in ICM en REF. Deze kosten verschilden nauwelijks tussen beide systemen en hebben dus een vergelijkbaar effect op de getoonde saldo's.









Figuur 23 Van boven naar beneden de gemiddelde saldi van Ref-4 en ICM-8 in aardappel, suikerbiet, zaai ui, en van Ref-8 en ICM-8 in peen en graan na aftrek van de loonwerkkosten. Zie de tekst voor aanvullende informatie.

Deze saldoberekeningen laten zien dat de economische prestaties van het ICM-systeem vooralsnog achterblijft bij de referentie. Echter, de resultaten bieden ook perspectief. Zoals in de Klankbordgroep van deze casus werd besproken zijn de verschillen niet zodanig dat deze bij voorbaat niet overbrugbaar zijn. Het resultaat geeft daarmee op dit moment inzicht in de kosten van verduurzaming en een basis voor gesprekken over het overbruggen van de verschillen in de keten (verdienmodel voor de teler). In de komende jaren wordt verder gewerkt aan het weerbaarder maken van het teeltsysteem op rotatieniveau en aan verbetering van de beheersing van de nog bestaande ziekte, plaag en onkruid knelpunten, waardoor de verwachting is dat het verschil in saldo kleiner zal worden.

3.6 Perspectief voor teler en keten tijdshorizon 2030

Er is een groeiende maatschappelijke vraag om het gebruik van chemische gewasbeschermingsmiddelen, ingezet tegen ziekten, plagen en onkruiden, te verminderen. De maatschappelijke wens is zichtbaar op Europees niveau zoals benoemd in de *Farm to Fork Strategy*, het EU-voorstel voor de verordening van het duurzaam gebruik van gewasbeschermingsmiddelen (SUR) en nationaal in het Uitvoeringsprogramma Toekomstvisie Gewasbescherming 2030.

Momenteel is de gangbare akkerbouw nog erg afhankelijk van gewasbeschermingsmiddelen om ziekten, plagen en onkruiden te beheersen. Om ook in de toekomst ziekten, plagen en onkruiden te kunnen blijven beheersen onder de nieuwe randvoorwaarden is een herontwerp van de gewasbescherming nodig. Integrated Crop Management (ICM), dat een uitwerking is van het concept Integrated Pest Management (IPM), richt zich op een gezond gewas met aandacht op vruchtwisselingsniveau, over meerdere jaren, voor meerdere ziekten, plagen en onkruiden in een allesomvattende benadering. Deze stap is, waarvoor in deze casus een prototype is uitgewerkt, nodig om te komen tot weerbare teeltsystemen waarin weerbare planten centraal

staan en ziekten, plagen en onkruiden minder kans krijgen en ingrijpen beperkt nodig is. Een weerbaar teeltsysteem bestaat uit meerdere bouwstenen en de keuzes die ondernemers kunnen maken. Het prototype is ontworpen op basis van de uitgangspunten: gewasdiversiteit in ruimte en tijd, weerbare bodem, weerbare rassen en teeltmaatregelen die de weerbaarheid van het gewas verhogen, en gericht ingrijpen. Telers kunnen zelf met deze ICM-aanpak gaan experimenteren door bouwstenen te combineren.

In het prototype ICM-systeem zijn geen CfS gebruikt, ligt de gemiddelde gebruiksfrequentie en hoeveelheid van pesticiden gemiddeld 50% lager dan in het referentiesysteem. De gewasopbrengsten en saldi zijn in ICM iets lager, maar ook de HRI, EIQ en mbp (Milieumeetlat) zijn lager.

Het prototype biedt daarmee perspectief voor de telers om ook in 2030 gewassen te telen op een wijze die voldoet aan maatschappelijke wensen. Tijdens de toetsing van het prototype zijn wel kennisleemtes geïdentificeerd op systeemniveau en op deelaspect niveau, die voor 2030 opgepakt moeten worden om de praktische haalbaarheid van het prototype mogelijk te maken. Op systeemniveau betreft het de interactie tussen bodemveranderingen (biologisch, chemisch, fysisch), bovengrondse diversiteit, teelthandelingen en algehele weerbaarheid van het systeem tegen ziekten, plagen en onkruiden. Deze worden tijdens de toetsing van het prototype waar mogelijk opgepakt of als witte vlekken geïdentificeerd.

4 Casus Lelie

Casusteam: Paul Ruigrok, Casper Slootweg (tot 2021), Natalia Moreno Pachon, Marcel Raaphorst

4.1 Selectie van casus

Reden voor de selectie van het gewas lelie als casus waren het gewasbeschermingsmiddelengebruik (2017) in dit gewas en de daaraan gerelateerde emissie naar de omgeving en publieke perceptie daarvan. Lelie is daarbij ook op een aantal aspecten representatief voor ander bolgewassen, o.a. wat betreft de hoge mate van specialisatie, de vermeerdering uit eigen partijen en de hoge kosten van deze teelt.

Nederland is wereldwijd marktleider in de lelieteelt. De economische omvang is groot en bestaat zowel uit de nationale en internationale verkoop van bloemen en bollen. In 2021 omvatte de bollenteelt van lelies 5.812 hectare in Nederland (www.agrimatie.nl). Hiernaast teelt een groot aantal Nederlandse bedrijven lelies op het zuidelijk halfmond om de broeierij (bloemproductie) jaarrond van hoogwaardige bollen te voorzien.

4.2 Beschrijving prototype en de referentie

Gangbare Lelieteelt

De gangbare leliebollenteelt vindt in de vollegrond plaats. De teelt van uitgangsmateriaal tot een leverbare bol duurt meerdere jaren. Uitgangsmateriaal wordt voornamelijk geteeld uit de eigen partij. Voor bollen bestemd voor de export gelden strenge fytosanitaire eisen (BKD, 2021).

Een leliebol is opgebouwd uit schubben. Lelies worden voornamelijk vermeerderd door middel van deze schubben. Door een schub af te breken en de juiste temperatuurbehandeling te geven vormen zich nieuwe bolletjes op de breuklijn van de schub. Dit proces duurt 15-25 weken, afhankelijk van de cultivar (Meskers, 2017). Zogenaamde “blinde” schub is ook mogelijk waarbij de schubben al geplant worden voordat een temperatuurbehandeling is gegeven. Via het schubben is er een snelle vermeerdering van uitgangsmateriaal mogelijk. Schubben hebben afhankelijk van de toegepaste teeltmethodiek 1-2 jaar nodig om uit te groeien tot (fijn) plantgoed en daarna nog 1-2 jaar tot leverbare bollen. Deze leverbare bollen kunnen dan weer geschubd (vermeerderd) worden of verkocht aan de broeierij of consument. Het grootste deel van het uitgangsmateriaal komt voort uit de eigen teelt, en sluit daarmee aan op de levenscyclus van verschillende gewasbelagers met alle nadelige gevolgen van dien met betrekking tot populatieopbouw van ziekten en plagen.

Parallel aan deze cyclische buitenteeltfase worden er partijen “ververst” met virusschoon materiaal uit de weefselweek (Figuur 24). Deze bollen worden echter na één jaar in een kasteelt ook buiten geteeld tot bollen geschikt om te schubben. Hierna blijven deze bollen nog meerdere cycli buiten geteeld worden.

Tijdens de teelt hebben lelies last van een aantal ziekten en plagen. Leliemozaïekvirus (LMoV) en Symptoom loos lelievirus (LSV) zijn beiden virussen die non-persistent door luizen verspreid worden (van Leeuwen et al., 2018). Om explosieve virusverspreiding te voorkomen wordt er gedurende de teelt met minerale olie en insecticiden gespoten. Minerale olie werkt tegen virusverspreiding door luizen en de insecticiden zijn insectwerend en -dodend. LMoV en LSV hebben naast lelie een beperkte waardplanten reeks. Andere belangrijke virussen voor de lelieteelt zijn *Plantago asiatico* mozaïekvirus (PIAMV) en Tulp virus X (TVX). Beide zijn mechanisch overdraagbare potexvirussen met een grote waardplantenreeks. Bedrijfshygiëne en onkruidbeheersing zijn belangrijke maatregelen tegen verspreiding van mechanisch overdraagbare virussen en virussen die door vectoren worden verspreid.

Naast virussen worden lelies geteisterd door schimmelziekten waarvan *Botrytis elliptica* ('Vuur') en *Fusarium oxysporum* f.sp. *lilii* ('Bolrot/Schubrot') de belangrijkste zijn (van Leeuwen et al., 2018). *B. elliptica* tast na een langere bladnat periode planten aan (van den Ende et al., 2000). Dit resulteert in rotte bladeren, vervroegde afsterving en opbrengstderving. Telers hebben alleen preventieve middelen ter beschikking en wekelijks bespuitingen met fungiciden worden uitgevoerd ter bescherming van het gewas.

F. oxysporum f.sp. *lilii* tast planten en bollen aan vanuit de grond en de eigen partij. Bij een lichte aantasting resulteert dit in een enkele rotte schub. Bij een zware aantasting kan de gehele bolbodem weggrotten en is de bol niet meer bruikbaar. *F. oxysporum* f.sp. *lilii* chlamydosporen kunnen voor langere tijd overleven in de grond zonder waardplant. Deze lange overlevingsperiode en de drastische gevolgen van een aantasting leiden ertoe dat lelietelers een ruime vruchtwisseling aanhouden. Hiernaast zoeken veel telers naar 'verse' grond, geschikte grond voor de lelieteelt waar voorheen nog geen lelies geteeld zijn. Het gevolg hiervan is echter dat de teelt steeds verder van het bedrijf plaatsvindt en transportkosten steeds hoger worden.

Prototype

Het voorgestelde teeltsysteem in het project Vitale Lelieteelt gaat uit van een éénrichtingssysteem waarbij de vermeerdering in de kas onder beschermde condities plaatsvindt (Figuur 24). Plantgoed, afkomstig uit de kas dient nog één jaar buiten geteeld te worden tot een leverbaar formaat. Deze bollen worden hierna verkocht. Dit teeltsysteem gaat uit van de volgende punten:

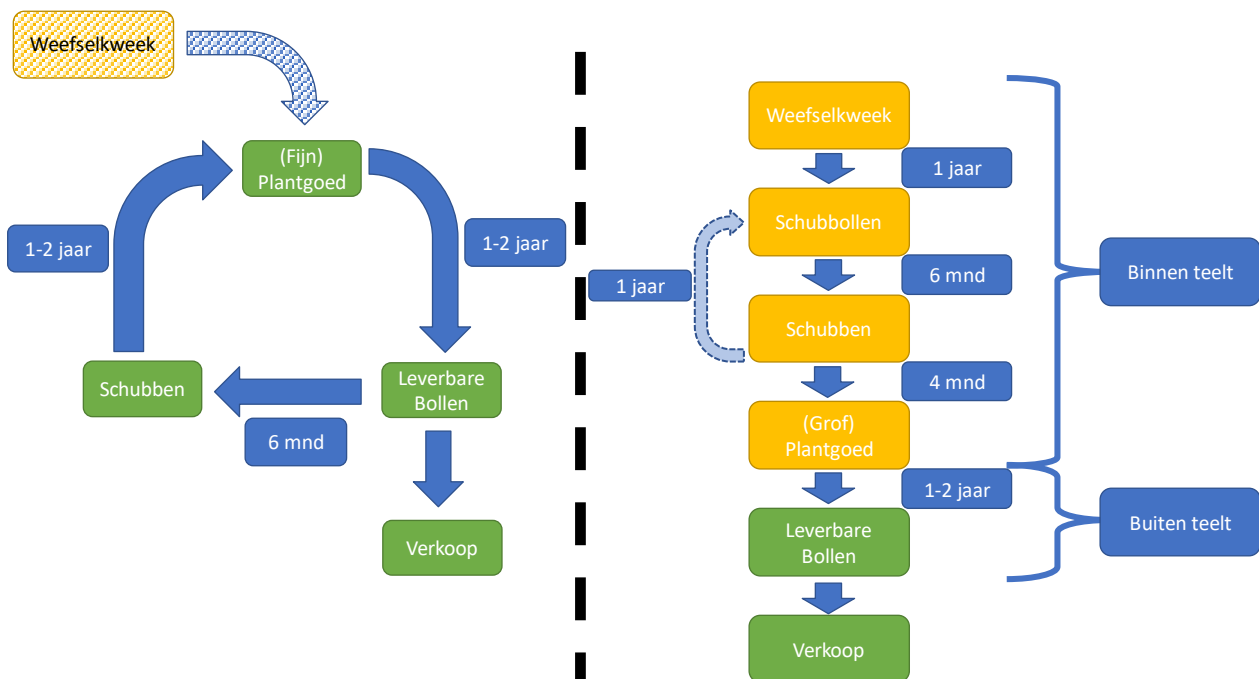
- Schoon beginnen en schoonhouden.
- Vermeerdering vindt alleen plaats met bollen uit de kas.
- Bollen die buiten zijn geteeld komen niet terug in de kas en worden niet meer vermeerderd.
- Schone bollen buiten vergen minder virusbestrijding.

Het startmateriaal in dit systeem is altijd virusvrij weefselkweek materiaal. Vanwege de kosten van dit materiaal is het noodzakelijk om deze bollen te vermeerderen voordat de bollen geteeld worden tot een leverbaar product. Deze vermeerdering zal onder beschermde condities in de kas plaatsvinden. Hierdoor wordt de kans op ziekten en plagen zoveel mogelijk beperkt. Indien uitgegaan wordt van virusvrij materiaal, de kasramen luizen/trips gaas bevatten, goede monitoring plaatsvindt en de algehele bedrijfshygië in acht wordt genomen, is de kans op besmetting door virussen minimaal.

Met betrekking tot *Botrytis elliptica* hoeft er in de kas ook geen bestrijding uitgevoerd te worden. Deze schimmel infecteert lelies bij een langere bladnat-periode. In de kas is deze situatie te voorkomen door onderlangs water te geven. Als daarnaast condensatie op het blad wordt voorkomen met de juiste kasklimaatomstandigheden krijgt deze schimmel geen kans in de kas.

Hoewel er in de gangbare praktijk ook (op beperkte schaal) gebruik gemaakt wordt van lelies uit weefselkweek en opkweek in de kas, verschilt dit prototype hiervan op een paar onderdelen. In dit prototypesysteem is de vermeerdering uitsluitend met materiaal uit de kas. Daarbij wordt actief bijbelicht waardoor het teeltseizoen langer en intensiever verloopt of zelfs ligt buiten het gebruikelijke seizoen. Hierdoor is er een versnelling mogelijk van weefselkweek of schub tot een nieuwe schubbol. Bovendien kan er hierdoor jaarrond geteeld worden in de kas. Deze bijbelichting (met LED) zorgt ook voor mogelijkheden om te sturen met bepaalde lichtspectra.

Voor het laatste teeltjaar buiten wordt er gestreefd naar een verminderde inzet van gewasbeschermingsmiddelen. De benodigde virusbestrijding is sterk te reduceren in dit systeem. Indien virusvrije bollen uit de kas voor slechts één jaar buiten geteeld worden zonder virus bevattende lelies in de omgeving, is de virusdruk laag/nihil. Hierdoor zal er op gewasbescherming bespaard kunnen worden (Slootweg, pers. com.; De Kock et al., 2013). Door de inzet van een al eerder ontwikkeld waarschuwingsmodel tegen *Botrytis* is ook een besparing in fungiciden mogelijk door minder vaak te spuiten (van den Ende et al., 2000).



Figuur 24 Links het gangbare teeltsysteem. De teelt vindt geheel buiten plaats, vermeerdering vindt voornamelijk plaats uit de eigen partij bollen. Rechts het éénrichtingssysteem. Vermeerdering vindt alleen plaats van 'schone' bollen geteeld in de kas. Mogelijk met een extra vermeerderingsronde in de kas. Zodra bollen buiten geteeld zijn, worden deze niet meer vermeerderd.

4.3 Teelt resultaten

In de jaren 2017-2022 is aan verschillende onderdelen van het prototypesysteem onderzoek gedaan. Eerst zullen de resultaten over de kasteelt behandeld worden. Door de jaren heen is met verschillende lelie hybriden gewerkt, namelijk een hybride van Longiflorum x Aziaat (LA), hybriden uit de groep Orientals (OR) en de hybride van Oriental x Trumpet (OT).

4.3.1 Kasteelt

Voor de kasteelt is een concept meerlagen teeltsysteem ontwikkeld (Foto 1) waarbij aan een aantal groeifactoren nader zijn onderzocht. Factoren waarover tot nu toe relevante kennis is verkregen om tot een weerbaar teeltsysteem te komen in deze kasfase zijn: licht intensiteit, lichtspectrum, voedingsgift, klimaat, teeltduur, plantdichtheid en afsterving/afrijping. Hieronder volgt een beschrijving van wat dit onderzoek tot nog toe heeft opgeleverd.



Foto 1 Het meerlagen teeltsysteem zoals ontwikkeld in het project Vitale Lelieteleelt.

Teeltsysteem

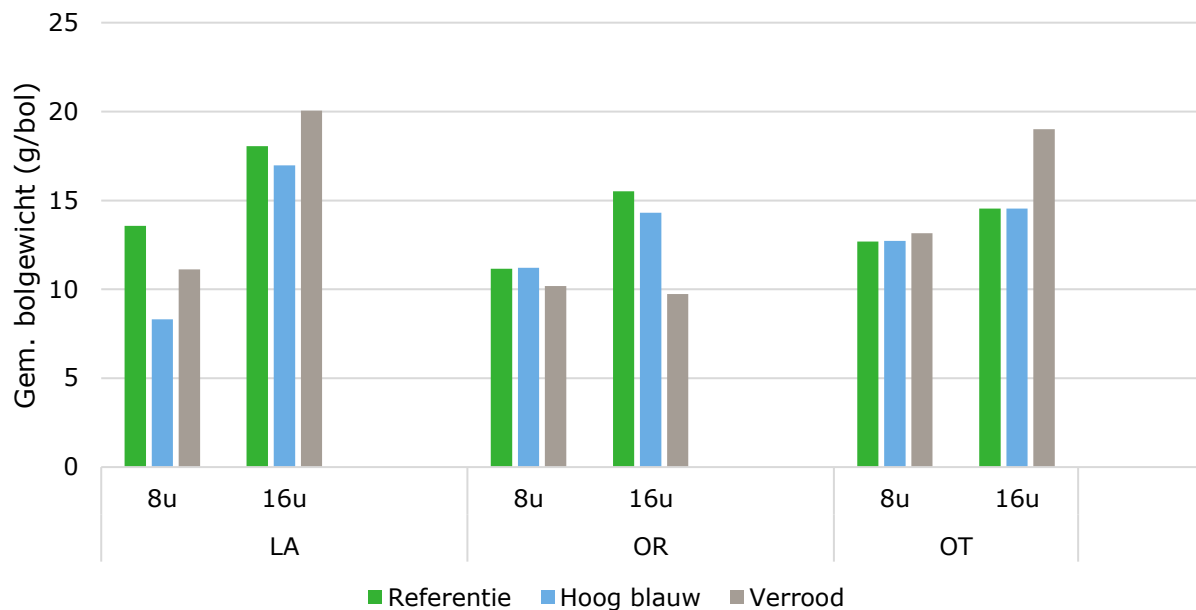
Het belangrijkste resultaat tot nu toe is dat het goed mogelijk is om in de kas onder beschermde condities in negen maanden tijd van weefselkweek bolletjes of schubben (kleine) schubbollen (zifmaat 14 op) te telen (Foto 2). Voor de laatste ronde is dit met de LA-hybride onder de juiste omstandigheden zelfs gelukt met 88% van de bollen. Dat dit lukt binnen één teeltseizoen is uitzonderlijk. Hierbij dient wel opgemerkt te worden dat de spreiding in de krat en tussen soorten aanwezig is. De eerste resultaten van het teeltsysteem zijn echter veelbelovend.



Foto 2 De oogst van een LA-hybride (boven) en OT-hybride (onder). Plantmateriaal waren weefselkweek bolletjes (zifmaat 4). De teelt heeft van september 2019 t/m april 2020 gelopen. De OT-hybride heeft tijdens de teelt te veel water gekregen en is hierdoor achtergebleven in groei. In het hierop volgende seizoen is de teelt nog verder geoptimaliseerd.

Lichtspectrum

In enkele proeven is het effect van verschillende lichtspectra onderzocht. In een korte oriënterende proef van drie maanden is onderzoek gedaan naar de bolopbrengst in relatie tot de daglengte en het spectrum. Drie spectra zijn getoetst: referentie (5% blauw, 95% rood), hoog blauw (22% blauw, 78% rood) en hoog ver-rood (4% blauw, 76% rood, 20% ver-rood). Alle drie de spectra leverden 200µmol en er was geen buitenlicht in de kas. Uit deze oriënterende proef komt naar voren dat een daglengte van 16 uur een hogere bolopbrengst levert dan 8 uur belichting (Figuur 25). Er lijkt geen effect van hoog blauw ten opzichte van het referentiespectrum. De toevoeging van ver-rood lijkt een negatief effect te hebben op de OR-hybriden en een positief effect op de OT-hybriden; bij LA-hybriden is er geen duidelijk effect. Deze proef is in twee herhalingen met 25 bolletjes per herhaling per hybride uitgevoerd.



Figuur 25 Effect van daglengte en lichtspectrum op het gemiddelde bolgewicht van drie lelie hybriden.

In een grotere proef is naar het effect van lichtintensiteit (75µmol en 110µmol) en de toevoeging van ver-rood (referentie 90% rood, 5% blauw, 5% groen; ver-rood 90% rood, 5% blauw, 5% groen, 10% ver-rood (extra)) en de laag in een meerlagensysteem gekeken. Deze proef was uitgevoerd in een praktijkgerichte kas met een teeltduur van 9 maanden van september tot mei. Hierbij was er geen verduistering van zonlicht en dus beperkte invloed van buitenaf. Het uitgangsmateriaal bestond uit weefselkweek bolletjes en geprepareerde schub uit de eigen teelt.

Uit deze proef kwam duidelijk naar voren dat een hogere lichtintensiteit zwaardere bollen opleverde. De plaats van het uitgangsmateriaal in het meerlagensysteem was van beperkte invloed. De bovenste laag leek iets grotere bollen op te leveren maar dit verschil was niet statistisch te toetsen. De opbrengst-effecten van de behandelingen verschilden tussen de verschillende hybriden en de gehanteerde watergift. Vanwege het verschil in groeikracht van de hybriden verschilden de waterbehoefte per hybride. Er was echter maar één watergeef-regime per laag mogelijk. Hierdoor was het substraat voor de minder groeiende hybriden (OR en OT) te nat. Het advies is dus om het waterbeheer afhankelijk te maken van de hybride (in feite de groei).

De LA-hybride leverde de meeste grote bollen op. De grootste opbrengst was bij de hoge lichtintensiteit, welke ongeveer 1,5 x zo hoog was als bij de lage intensiteit, wat overeenkomt met de extra licht input. De toevoeging van ver-rood had geen positief effect. Bij de OR-hybride was de opbrengst laag vanwege de problemen met de watergift. De hogere lichtintensiteit gaf alsnog een hogere opbrengst ten opzichte van de lagere intensiteit. In tegenstelling tot de LA-hybride leek ver-rood in de OR-hybride mogelijk een positief effect te hebben. Dit sluit aan bij resultaten van Hogewoning et al. (2022) waar ver-rood in de broeierij teeltvertraging voorkomt bij OR- en OT-hybriden maar dit niet nodig is bij LA-hybriden. Voor de OT-hybride was het verschil in opbrengst bij de hogere lichtintensiteit ook aanwezig maar minder groot dan bij de LA-

hybride. Van ver-rood lijkt er geen positief effect te zijn. De vergelijking van lichtintensiteit is het volgende jaar herhaald met een groter positief effect van de hogere lichtintensiteit bij zowel de OR- als de OT-hybride. Het spectrum dat voortaan als referentie/standaard is toegepast is het referentiespectrum in de hoge intensiteit (110µmol, 90% rood, 5% blauw, 5% groen).

In 2020 was het percentage weefselkweekbolletjes dat uitgroeide tot ziftmaat 14op voor LA-hybride 60%, OR-hybride 12-36% (te nat geteeld), OT-hybride 36% (nat geteeld). Deze proef is herhaald in 2021 en voor LA-hybride was het percentage ziftmaat 14op gestegen naar 88% en voor de OT-hybride naar 43% (de watergift was nog niet optimaal), de OR-hybride was te nat geteeld en ging hierdoor verloren. Na dit teeltseizoen heeft geen gehele teelt van weefselkweek bolletje tot schubbol plaatsgevonden, wel heeft er sindsdien nog optimalisatie (o.a. watergift) van de teelt plaatsgevonden dus zijn wellicht betere opbrengsten mogelijk, zeker voor de OR- en OT-hybriden.

Substraat volume

Met betrekking tot het substraat volume zijn er grote stappen gezet. Het bleek goed mogelijk om de substraat laag van 17 cm te reduceren tot 11 cm zonder daar negatieve effecten op de opbrengst van te hebben. Dit is een volumebesparing van 35%. Door deze afname neemt wel de buffercapaciteit van het substraat af en dient de vochthuishouding op orde te zijn. teelt. Zoals boven aangegeven is het verstandig om verschillende hybriden met verschillende verdamping op aparte watergift regimes te plaatsen.

Voedingsrecept

Aan het voedingsrecept zijn geen gecontroleerde proeven uitgevoerd. Wel is het recept gedurende het project aangepast en verbeterd. Vanaf seizoen 2021 is het voedingsrecept, ontwikkeld voor het knolgewas *Zantedeschia* binnen het project Fundamentele Systeemsprong, als standaard genomen. Voordat dit recept gebruikt werd, waren enkele gebrek symptomen zichtbaar bij jonge, snelgroeïende planten. Deze symptomen trokken later weer weg. Sinds dit recept toegediend wordt zijn deze gebrek symptomen niet meer waargenomen en groeit er een visueel nog vitaler gewas (Foto 3).



Foto 3 *Opkomst van een LA-hybride van schub met het nieuwe voedingsrecept.*

Plantdichtheid

Naar een geschikte plantdichtheid zijn verschillende oriënterende proeven uitgevoerd. Hierbij is er gekeken naar de plantdichtheid voor de teelt van weefselkweek bolletjes tot schubbol. Hierbij is gevarieerd met 25 of 50 weefselkweek bolletjes per krat (respectievelijk 100 of 200 per m² bruto). Gemiddeld genomen over

verschillende proeven en verschillende hybriden ligt het gemiddelde bolgewicht bij de lage plantdichtheid 25% hoger dan bij de hogere plantdichtheid.

Afsterving en afrijping

In de nateelt van plantgoed uit de kas viel op dat de opkomst lager lag in vergelijking met gangbare bollen. Hiernaast leek er een lichte verhoging in het aantal misvormde bollen. In gangbare referentie proeven zijn in voorgaande jaren 0-6% dubbelneuzen gerooid, sterk afhankelijk van de hybride. In 2021 werden 2-8% dubbelneuzen gerooid met het materiaal uit de kas. Dubbelneuzen zijn bollen met twee groeipunten in plaats van één groeipunt. Hierdoor kunnen in de broeierij twee kleine bloemstelen uit de bol komen wat ongewenst is vanwege kwaliteit en bloeiuniformiteit.

De problemen in opkomst en afsterving werden gezocht in het uitblijven van afsterving en afrijping in de kas en het telen buiten het gebruikelijke seizoen. Planten werden voorheen groen gerooid. Hiertoe is er in 2022 een proef opgezet om dit knelpunt te verhelpen. Hierbij is gezocht naar een behandeling om de bollen in de kas te laten afrijpen door middel van onder andere: kou, korte dag, hormonen, beschadigingen of droogte. Hoewel de effecten op een gebruikelijk afstervingsproces beperkt leken (de meeste planten waren nog voor een groot deel groen/geel), waren de resultaten met betrekking tot de opkomst van behandelingen positief. Enkele behandelingen scoorden een opkomst van 90-100% terwijl de desbetreffende controle rond de 30-50% bleef steken (Foto 4).



Foto 4 *Verschil in opkomst tussen verschillende afsterf/ afrijpingsbehandelingen. In sommige behandelingen komt alles op terwijl in andere behandelingen geen opkomst of de opkomst beperkt is.*

Met betrekking tot het aantal misvormingen na het rooien dienen de resultaten nog uitgebreid geanalyseerd te worden. Wel valt al duidelijk op dat voor twee hybriden (OR en OT) er geen dubbelneuzen zijn gevonden in de verschillende behandelingen. Echter in de LA hybride zijn er veel dubbelneuzen gevonden. Variërend van bijna geen tot wel 95% van het aantal gerooide bollen per behandeling. Hierbij dient opgemerkt te worden dat de bollen pas erg laat in het groeiseizoen zijn geplant en dit mogelijk stress heeft opgeleverd.

4.3.2 Buitenteelt

Na de kasfase dient het (grove) plantgoed uit de kas nog één jaar buiten geteeld te worden tot leverbare bollen. In deze buitenteelt is het gebruik van chemische gewasbeschermingsmiddelen nog nodig. Uiteraard is ook voor dit laatste deel van het ontwikkelde weerbare teeltsysteem onderzocht waar een forse vermindering van inzet van gewasbeschermingsmiddelen mogelijk is, en in elk geval geen gebruik van CfS. De focus hierbij lag op de bestrijding van *Botrytis elliptica* ('Vuur'), virusverspreiding en bolbehandeling voor het planten. Omdat niet voldoende materiaal uit de kas beschikbaar was zijn deze proeven aangelegd met bollen uit de gangbare teelt. Deze resultaten zijn ook op korte termijn al interessant voor de gangbare teelt (Foto 5).



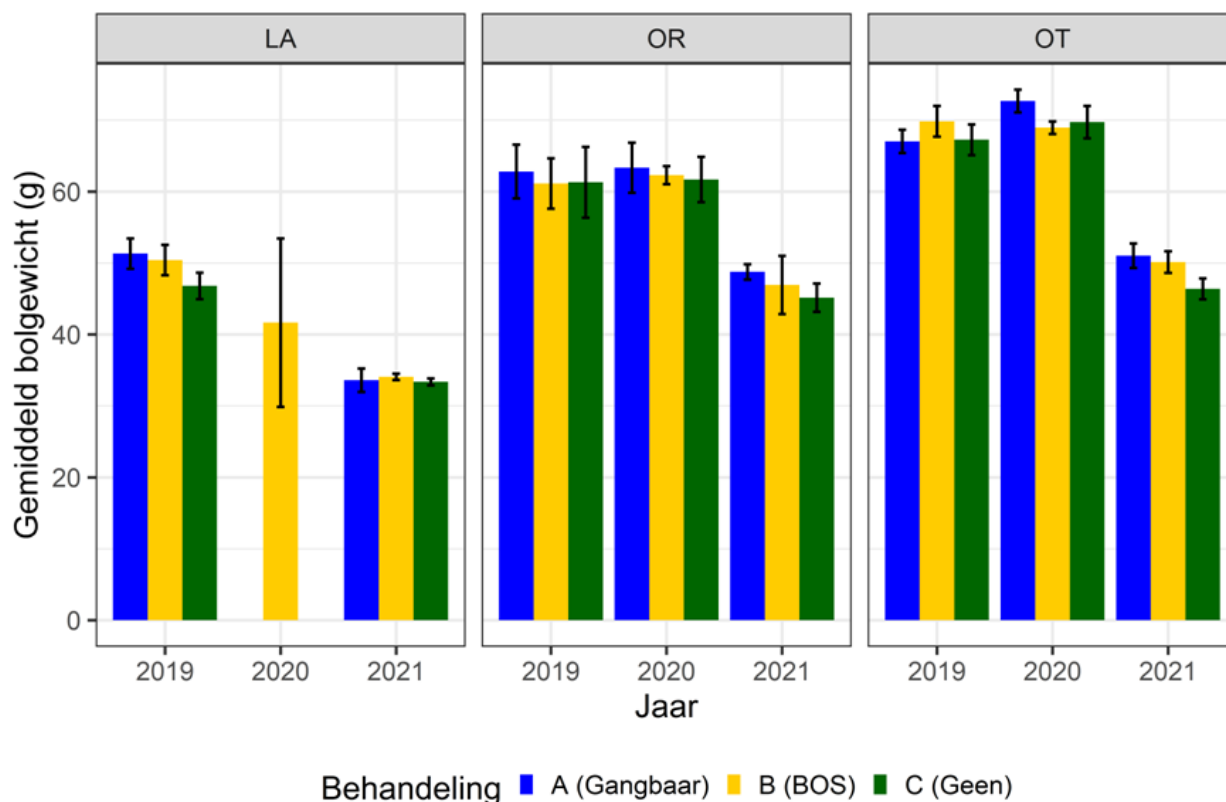
Foto 5 *Verskil in vuuraantasting in de LA-hybride tussen verschillende behandelingen.*

Om voor de *B. elliptica* bestrijding een vermindering in gewasbeschermingsmiddelen te realiseren, is een voorheen ontwikkeld waarschuwingssysteem toegepast (van den Ende et al., 2000)¹. Dit waarschuwingssysteem heeft de volgende componenten. Op basis van de weersvoorspelling (temperatuur en luchtvochtigheid), wordt de infectiekans berekend. Aan de hand van deze infectiekans en een bepaalde drempelwaarde wordt besloten of een gewasbespuiting nodig is. Idealiter zou deze voorspelling elke dag gecheckt moeten worden en in geval van een waarschuwing gelijk gespoten worden. Voor bedrijven is het echter vaak praktisch niet haalbaar om het gehele areaal binnen één dag te spuiten. Daarbij wordt het waarschuwingssysteem eerder geaccepteerd als deze praktisch inpasbaar is met de huidige teeltbehandelingen. Daarom is ervoor gekozen om op een vaste dag in de week de voorspelling te bekijken en op die dag wel of geen bespuiting uit te voeren. Hierdoor is, afhankelijk van het weer, op het aantal bespuitingen te besparen.

Het waarschuwingssysteem ter bestrijding van *Botrytis* heeft tot de volgende besparingen geleid. In behandelingen in de veldproeven waar op basis van dit waarschuwingssysteem gespoten is, is de afgelopen

¹ <https://www.agrovision.com/nl/producten/teelt/adviessystemen/adviesberichten>

jaren een vermindering van 4-8 bespuitingen per jaar behaald (2019: 8 in plaats van 16; 2020: 8 in plaats van 12; 2021: 5 in plaats van 11). Daarbij is er in deze behandelingen geen gebruik gemaakt van CfS. Over deze drie jaren gemiddeld resulteerde bestrijding van *Botrytis* op basis van het waarschuwingssysteem in een afname van het gemiddelde bolgewicht van slechts 1,6 g op een totaal van 55 g (Figuur 26). De *Botrytis* aantasting in de velden met het waarschuwingssysteem was tijdens de teelt wel groter dan in de gangbare velden.



Figuur 26 Gemiddeld bolgewicht van de LA, OR en OT-hybriden bij verschillende *Botrytis* behandelingen, d.w.z. met de gangbare bestrijdingsmethode, een beslissingsondersteunend systeem (BOS) en geen bestrijding.

Zelfs in de behandeling waar geen bespuiting tegen *Botrytis* is uitgevoerd was de opbrengst en het vuur (aantasting) percentage nog acceptabel. Wel dient opgemerkt te worden dat deze proeven op proefveldniveau zijn uitgevoerd. Hierdoor waren er bredere paden en open stroken tussen de verschillende veldjes, dit kan geresulteerd hebben in meer luchtbeweging waardoor de bladnatperiode korter en de infectiekans dus lager geweest kan zijn dan in een praktijk perceel.

Naast de gewasbespuitingen tijdens de teelt is er ook gevarieerd in de plantgoedbehandeling. Normaal vindt voor het planten van lelies een bolontsmetting plaats met middelen zoals Rudis (Prothioconazool), Securo (Pyraclostrobine, Folpet) en Topsin (Thiofanaat-methyl). In dit project is er getoetst of de teelt zonder deze gangbare boldompeling mogelijk is, als met (visueel) gezonde bollen geteeld wordt op verse grond met enkel een bolontsmetting in ECA-water (Electro-Chemically-Activated water) (Looman et al., 2020). Indien zowel de grond als de partij geheel ziektevrij zijn, is dit mogelijk. Echter in een jaar waarin er een (kleine) *Fusarium* besmetting in de partij zit kan dit desastreus uitpakken. Dit is tweemaal voorgekomen in het project waardoor de gehele bollenoogst van de desbetreffende hybride verloren is gegaan in dat jaar (de OR-hybride in 2019 in, de LA-hybride in 2020). Grond waar nog nooit lelies op hebben gestaan wordt steeds schaarser, dus aan de voorwaarde van schone grond kan steeds lastiger worden voldaan. Deze resultaten laten zien dat het belangrijk is om de status van het land en de partij goed te kennen om onderbouwd terug te gaan in de bolbehandeling. Zomaar stoppen met de chemische bolbehandeling is (nog) niet mogelijk.

Voor de virusbestrijding zijn er verschillende behandelingen uitgevoerd, maar vanwege de beperkte proefopzet kunnen nog geen harde conclusies worden getrokken. Wel is duidelijk dat binnen het concept van het éénrichtingssysteem het essentieel is dat het hele perceel (en de omgeving) uit virusvrije lelies bestaat. In dit geval zou virus/luisbestrijding zeer beperkt nodig zijn (de Kock et al., 2013; Slootweg, pers. com.). In de huidige opzet is getoetst met virus bevattende lelies op het perceel waardoor het voordeel van een start met virusvrij uitgangsmateriaal niet ten volle aangetoond kon worden.

4.4 Impact op milieu

Het voorgestelde éénrichtingssysteem inclusief de beperktere inzet van gewasbeschermingsmiddelen in de buitenteelt zal een reductie in gewasbeschermingsmiddelen en de daarbij horende milieu impact opleveren. De impact van het gehele voorgestelde teeltsysteem op het milieu is nog niet berekend.

Met betrekking tot de buitenteelt is een sterke vermindering in milieubelasting haalbaar. Afgelopen jaren is het aantal *Botrytis* bespuitingen op het proefveld al sterk gereduceerd met 25-50% ten opzichte van de referentievelden. De analyse van het aantal milieubelastingspunten op basis van de CLM-milieumeetlat² moet nog verder uitgewerkt worden. De eerste indicaties zijn dat het aantal milieubelastingspunten in de proefobjecten met een verminderde *Botrytis* en virusbestrijding ten opzichte van de controle met 35-70% gereduceerd is. Hierbij speelt ook de keuze van de in te zetten beschikbare gewasbeschermingsmiddelen een grote rol; in de Vitale lelieteelt hoefden geen CfS gebruikt te worden.

In deze eerste indicatie is enkel het laatste teeltjaar van het éénrichtingssysteem meegenomen. Als echter de gehele teelt van een schub tot een leverbare bol wordt meegenomen zal de reductie in gewasbeschermingsmiddelen ten opzichte van de gangbare teelt nog groter zijn. In de gangbare teelt vindt deze teelt geheel buiten plaats gedurende 2-4 jaar. Tijdens deze jaren is er gewasbescherming nodig. In geval van het éénrichtingssysteem duurt deze teelt slechts 2 jaar waarvan één jaar in de kas plaatsvindt. In dit kasjaar kan de inzet van chemische gewasbeschermingsmiddelen tot een minimum beperkt worden. In dit geval heeft alleen het laatste jaar effect op het aantal milieubelasting punten van dit systeem. De vergelijking tussen het gangbare systeem en het Vitale lelieteelt systeem wordt in 2022 uitgevoerd.

Andere milieueffecten van dit systeem hebben betrekking tot de teelt in de kas. Tot nu toe heeft de teelt in de kas plaatsgevonden in substraat op basis van veen. Het gebruik van veensubstraten ligt ter discussie vanwege de gevolgen hiervan op het klimaat en de natuur (Boedijn & van Serooskerken 2022). Meerdere partijen werken aan circulaire substraten en aan de inperking van veen bevattende substraten voor de glastuinbouw, echter moeten nieuwe substraten nog toegepast worden in het éénrichtingssysteem voor lelie (het Convenant Milieu-impact potgrond en substraten van 18-11-2022). Substraat en het hergebruik hiervan is in de leliebroeierij gemeengoed en wellicht is hier nog veel van te leren voor de Vitale Lelieteelt.

Een andere milieu-impact van het éénrichtingssysteem is een verhoogde vraag naar energie en de CO₂-emissies die hiermee gepaard gaan. Verwarming en verlichting van de kas vergt een input van gas of elektriciteit die in de gangbare buitenteelt niet nodig is. In het te ontwikkelen rekenmodel wordt een geschatte hoeveelheid gas en elektriciteit meegenomen. Telers kunnen echter nog veel sturen in het energiegebruik middels de te telen periode (winter of zomer), belichtingsstrategie, kasklimaat schermen etc. Zoals uit meerdere lopende projecten in de glastuinbouw blijkt, is er op aantal vlakken aanzienlijke besparingen mogelijk zowel in lelies (Hoogenwoning et al., 2022) als glastuinbouw breed³. Een grote stap naar warmte en energiebesparing is in dit project al genomen door de lelies met LED te belichten en te telen in een meerlagen-systeem.

Naast een verminderde directe milieu-impact draagt het éénrichtingssysteem ook bij aan een verminderd indirect milieu-impact door verplaatsing van een deel van de vollegrondsteelt naar de kas, en door de kortere tijd benodigd voor de productie van vermarktbare bollen. Hierdoor is minder land nodig voor de

² <https://www.milieumeetlat.nl/en/bereken-open-teelt.html>

³ Vervolg Demo Kas2030: Kas als energiebron <https://www.kasalsenergiebron.nl/onderzoeken-1/20182-vervolg-demo-kas2030/>

lelieteelt waardoor land beschikbaar kan komen voor een minder intensieve teeltrotatie, rustgewassen, natuur en biodiversiteit.

4.5 Impact op economie

Het Vitale Lelieteelt systeem heeft effecten op de economische aspecten van de teelt. Schubbollen uit de kas zullen (in eerste instantie) duurder zijn dan de huidige schubbollen uit de gangbare teelt. Plantgoed uit het Vitale lelieteelt systeem kan mogelijk wel concurreren met huidig plantgoed (doorteelt van weefselkweek) uit de kas. Hierbij moet wel opgemerkt worden dat het voorgestelde teeltsysteem zich op de langere termijn richt. Momenteel is het nog mogelijk om gezonde virusvrije/arme schubbollen buiten te telen. Afhankelijk van hoe de ontwikkelingen gaan met het uitsmeren van verschillende gewasbeschermingsmiddelen, druk op goed (schoon) land en invloed van bezorgde omwonenden kan het steeds lastiger worden om hoogwaardig uitgangsmateriaal te telen op de gangbare wijze.

Vanwege de kleine opzet van de proeven die tot nu toe zijn uitgevoerd voor de Vitale Lelieteelt zijn de resultaten niet één op één te vertalen naar een praktijkrijp systeem. Hiervoor zouden een groot aantal aannames gemaakt moeten worden waardoor de berekening onbetrouwbaar wordt. Vandaar dat de directe vergelijking tussen een schubbol of plantgoed uit de kas met de gangbare teelt nog niet gemaakt is binnen dit project. Waar wel aan gewerkt is, is een economisch model voor de teelt in de kas.

Met de beschikbare gegevens in dit model is er goed te bepalen welke factoren een grote invloed hebben op de uiteindelijke kostprijs van uitgangsmateriaal uit het Vitale Lelieteelt systeem. Deze informatie kan dienen om te bepalen waar een optimalisatieslag nodig of wenselijk is. Daarnaast is het door de flexibiliteit van het model ook mogelijk voor telers om zelf te rekenen waar de mogelijkheden voor hen liggen. Ook is met dit model te bekijken wat de effecten van energieprijzen op de teelt zijn.

Factoren die tot nu toe van grote invloed zijn op de uiteindelijke kostprijs zijn arbeidskosten, kasafschrijving, plantdichtheid en de vermeerderingsfactor van de bollen. Momenteel zijn alle werkzaamheden in dit systeem nog niet geautomatiseerd, hierdoor is er voor het planten en rooien veel arbeid nodig. Als hierop bespaard kan worden scheelt dit een hoop tijd en geld.

De plantdichtheid, vermeerderingsfactor en teeltduur zijn sterk met elkaar verweven. Verdere optimalisatie van deze factoren kan nog een reductie in de kostprijs opleveren. Een hogere plantdichtheid zorgt voor een efficiënter gebruik van de kas, echter verlaagt dit de groei van de bollen wat resulteert in een lagere vermeerderingsfactor per bol of een langere teeltduur voor hetzelfde resultaat. Wat hier de beste balans in is zal verschillen per ras en dient nog verder onderzocht te worden.

Hoewel de kosten van de schubbol uit de kas duurder zullen zijn is er in de vervolgteelt een besparing in kosten en risico's mogelijk. Door gebruik van virusvrije bollen uit de kas kan het risico op een lagere kwaliteitsklasse of afkeuring door de Bloembollenkeuringsdienst (BKD) verlaagd worden. Hiernaast is er een minder strenge selectie en virusbestrijding op het veld nodig.

4.6 Vervolg PPS'en e.d.

Het Vitale Lelieteelt project heeft al geleid tot twee nieuwe projecten. Het teeltconcept van een éénrichtingsteelt wordt momenteel ook onderzocht voor het bolgewas hyacint in het project POP3 Vitale Teelt Hyacint. In het project Fundamentele Systeemsprong wordt dit onderzocht voor de gewassen *Zantedeschia*, tulp, narcis en *Hippeastrum*.

Resultaten vanuit het gebruik van het *Botrytis* waarschuwingssysteem zijn de afgelopen jaren door verschillende partijen opgepakt. In een project van CLM en HLB wordt naar aanleiding van de resultaten uit dit project het waarschuwingssysteem getoetst op praktijkschaal bij een aantal lelietelers⁴. In het project

⁴ <https://www.clm.nl/nieuws/waarschuwingssystemen-in-de-lelieteelt-de-vuurproef/>

Duurzame Bollenteelt Drenthe is het *Botrytis* waarschuwingssysteem ook één van de onderzoeksrichtingen⁵. Aan de hand van de ervaring van de telers wordt het systeem verder afgestemd op hun wensen en groeit het vertrouwen in dit systeem.

Een nog lopend proces is een vervolg op het project Vitale Lelietelt. Een aantal knelpunten dienen nog opgelost te worden voordat de praktijk aan de slag kan met dit teeltsysteem zoals het verhelpen van de misvormde bollen, toetsing op praktijkschaal en er leeft nog een bepaalde scepsis over de risico's op *Fusarium* bij teelt in de kas. Hiernaast is er nog een optimalisatie slag te halen in de teelt met betrekking tot de belichting, plantdichtheid, teeltduur, ras variatie, energiezuinig telen etc. Het draagvlak voor dit projectvoorstel verschilt per bedrijf en componenten van het teeltconcept dienen goed aan te sluiten bij de visie van de desbetreffende bedrijven wil de praktijk er verder mee gaan en investeren in onderzoek. Hiertoe is nog nadere afstemming gewenst.

4.7 Perspectief voor de teler en keten tijdshorizon 2030

Het ontwikkelde prototype teeltsysteem levert telers een perspectief op om ook in 2030 lelies te telen waarbij voldaan wordt aan maatschappelijke wensen ten aanzien van vermindering van milieubelasting. Het systeem heeft veel potentie om de teelt te versnellen en de milieu-impact te verminderen (gewasbeschermingsmiddelen en land), maar de dilemma's zijn ook helder, bijvoorbeeld het gebruik van veensubstraat en energie voor kassen (warmte en elektra), waarvoor alternatieven moeten worden gevonden, zoals duurzame substraten en de toepassing van duurzame energiebronnen. Indicaties zijn dat de milieu-impact in de proefobjecten met een verminderde *Botrytis* en virusbestrijding ten opzichte van de controle, met 35-70% gereduceerd is.

Sommige onderdelen van het ontwikkelde prototype zullen eerder en gemakkelijker toepasbaar zijn dan andere. Met betrekking tot de resultaten van de buitenteelt kunnen telers al eerste stappen maken. De behaalde resultaten met betrekking tot de beheersing van *Botrytis* met het waarschuwingssysteem zijn hoopvol. Naast dat dit onderdeel in een vervolgproject is opgepakt om op praktijkschaal te toetsen, is dit waarschuwingssysteem gereed om (op kleine schaal) opgepakt te worden door de praktijk en hier ervaring en vertrouwen mee op te doen.

Het éénrichtingssysteem staat nu nog wat verder bij de praktijk vandaan. Enkele vooruitstrevende telers zijn al actief in de virusvrije opgroei en vermeerdering van lelies in de kas, maar zonder belichting en verwarming. Vooral voor deze groep telers is dit prototype teeltsysteem interessant om verder uit te rollen en binnen enkele jaren in de praktijk toe te passen. Er zijn nog wel een aantal uitdagingen die aandacht vergen in het onderzoek, zoals de mogelijkheid door verbetering van afsterving/afrijping de misvorming van bollen te verminderen, weerbare substraten, teeltoptimalisatie o.a. op basis van aanpassing van het lichtspectrum en automatisering/mechanisering. Daarvoor is vervolgonderzoek nodig (b.v. in PPS-verband) zodat het teeltconcept kan worden opgeschaald en de keten van voldoende goed, virusvrij uitgangsmateriaal uit de kas kan worden voorzien. Demonstratie van het voorgestelde (opgeschaalde) teeltsysteem kan helpen de sector handvatten te geven hier mee aan de slag te gaan.

⁵ <https://www.duurzamebollenteeltdrenthe.nl/>

5 Casus appel

Casusteam: Rien van der Maas, Marianne Groot, Herman Helsen

5.1 Selectie van de casus

De redenen voor de selectie van de casus appel zijn:

- Het relatief hoge gebruik van chemische gewasbeschermingsmiddelen in de appelteelt en daaraan gerelateerd emissies en residuen.
- Het huidige gebruik van stoffen uit de EU-lijst Candidates for Substitution (CfS) in de appelteelt. Bij aanvang van het project in 2017 waren dat er elf, maar dit aantal daalt door het niet meer verlengen van toelatingen.

In de appelteelt worden bij de gewasbescherming en bij de onkruidbestrijding jaarlijks gemiddeld 20 bespuitingen uitgevoerd met 15 chemische middelen. Daarnaast worden er tegen sommige plagen virussen en bacteriën gespoten en feromonen toegepast. Om andere redenen dan gewasbescherming worden er verder bladmeststoffen (zouten), groeiregulatoren (planthormonen) en dunmiddelen (zouten en planthormonen) gespoten in de appelteelt. In bewaring wordt een actieve stof gebruikt om de rijping te vertragen.

Schimmelziekten, en vooral de ziekte schurft, zijn de belangrijkste aanleiding voor het uitvoeren van de huidige bespuitingen met chemische middelen. Het aantal bespuitingen per jaar hangt af van het weer: in nattere jaren wordt er meer gespoten dan in droge jaren. Dit hangt samen met het versterkte optreden van schimmelziekten in natte jaren.

5.2 Beschrijving prototype en de referentie

Dit project richt zich op de ontwikkeling van een weerbaar teeltsysteem dat leidt tot een sterke vermindering van de bespuitingen met chemische gewasbeschermingsmiddelen. In eerste instantie gaat het om het overbodig maken van de elf actieve stoffen op de EU-lijst CfS die bij aanvang van dit project gebruikt werden in de appelteelt. Hiervan werden er vier in diverse fungiciden gebruikt, twee in insecticiden, één in nematiciden en vier in herbiciden. Inmiddels zijn twee van die elf actieven stoffen niet meer toegelaten, één in insecticiden (thiacloprid) en één in nematiciden (metam-natrium). Wanneer de vier actieve stoffen voor fungiciden niet meer toegelaten zouden zijn heeft dat gevolgen voor de bestrijding van alle belangrijke ziekten, maar vooral voor de bestrijding van bewaarziekten (met name vruchtrot).

De belangrijkste maatregel tegen ziekten in dit prototype teeltsysteem op de proeftuin Randwijk, het Beschermde Appelteesysteem, is het drooghouden van het gewas door het telen onder een cabrio-kap (Foto 6 en Foto 7). De cabrio-kap staat bij droog weer open en sluit automatisch bij regen. De meeste schimmelziekten kunnen hierdoor voorkomen worden. Deze kap staat standaard open en sluit alleen wanneer het regent. De levenscyclus van met name vruchtrotschimmels wordt hierdoor doorbroken omdat de sporen van deze pathogenen een relatief lange blad-nat periode nodig hebben om te kunnen kiemen. De schimmelziekte die hierdoor echter niet wordt voorkomen is meeldauw. De kieming van de sporen van meeldauw is minder afhankelijk van vocht.



Foto 6 De cabrio-kap toegepast in Beschermd Appelteelt (links geopend, rechts gesloten).



Foto 7 Cabrio-kap, vooraanzicht.

Voor meeldauw lag in het begin de nadruk op het wegnippen van primaire infecties (sanitatie). In het prototype bleek dat dit niet voldoende effectief was, zodat voor meeldauwbestrijding twee actieve stoffen (geen CfS) nodig blijven.

Voor de preventie en bestrijding van plagen in het Beschermd Appelteeltsysteem zetten we in op het stimuleren van natuurlijke plaagbestrijding via bloemstroken, de toepassing van biologische bestrijding en het gebruik van feromonen. Onder de biologische bestrijding vallen het inbrengen van natuurlijke vijanden zoals roofmijten tegen roest- en spintmijt, en vanaf 2022 het vroege zwarte viervleklieveheersbeestje, en bespuitingen met bacteriën en virussen. De feromonen worden ingezet tegen rupsen/vlinders. De appelbloesemkever en appelzaagwesp proberen we eveneens massaal te vangen met in deze casus daartoe ontwikkelde selectieve vallen (Foto 8 en Foto 9)



Foto 8 De val voor appelbloesemkever bestaande uit holle bindbuis.



Foto 9 De witte plakvalbordjes voor appelzaagwesp in het perceel Beschermd Appelteelt.

Het ontwerp en prototype-ontwikkeling van de vallen voor beide plaaginsecten hebben in dit project plaats gevonden. Biologische appeltelers hebben hieraan meegewerkt en inmiddels zijn deze vallen (respectievelijk de bindbuisval en het plakvalbordje) verder ontwikkeld en worden door biologische appeltelers al toegepast.

Aanvankelijk werd geprobeerd de ontwikkeling van roze appelluis te voorkomen door het dak en later het dak en de wanden van de cabriokap in oktober dicht te doen om de roze appelluismannetjes buiten te sluiten. Dit bleek niet afdoende zodat deze plaag met een gewasbeschermingsmiddel (waarvan de actieve stof geen CFS is) wordt bestreden. Deze bestrijding is sinds 2022 pleksgewijs (alleen de aangetaste scheuten worden behandeld) zodat op het merendeel van de bomen geen insecticiden terecht komen.

De strategie binnen het prototype om groene appelwants te weren is het tijdelijk sluiten van de wanden van de cabriokap. Het testen van deze strategie is echter op de proeftuin Randwijk niet mogelijk aangezien de waardplant aardappel niet in de buurt van de proeftuin geteeld wordt. In 2018 en 2019 is daarom het fysiek tegenhouden van groenen appelwants additioneel onderzocht op een appelperceel naast een aardappelveld in de Noordoostpolder.

Door de bloemstroken en het minimale gebruik van een insecticide worden natuurlijke vijanden (o.a. de oorworm) gestimuleerd. Door de bloemstroken en het minimale gebruik van insecticiden wordt tevens de aanwezigheid van bestuivende insecten gestimuleerd.

Onkruiden worden mechanisch bestreden. Hiervoor worden een schoffelmachine gebruikt en een draadmaaier die het onkruid kapotslaat zonder de bodem te verstoren. De laatste machine leidde echter tot schade aan de minisprinklers. Omdat de minisprinklers ook regelmatig verstopt raakten door spinnenwebben, worden vanaf 2023 drie druppelirrigatieslangen per boomrij op hoogte opgehangen over een breedte van 60 cm. Via één van deze slangen wordt ook voeding gegeven (fertigatie).

Al het regenwater wordt met de cabriokap opgevangen, opgeslagen in een bassin en onder de bomen op de zwartstroken teruggebracht. Op deze manier wordt het regenwater efficiënt benut en een afname van het bodemleven door bodemverdroging voorkomen. In de grasbanen liggen hiervoor ingegraven druppelirrigatieslangen. Nutriënten worden zowel via fertigatie als met een strooier (kunstmest) gegeven. Daarnaast wordt compost toegepast in het voorjaar.

Nachtvorstschade blijkt niet te kunnen worden voorkomen met de cabriokap. Indien er nachtvorst optreedt moet, net zoals op het praktijkperceel, worden berekend. Omdat de temperatuur dan zeer laag is leidt het nat worden van de boom over het algemeen niet tot extra ziektedruk.

Waarom is er voor een cabrio-kap gekozen en niet voor een vaste overkapping? De ervaring in Europese onderzoeksprojecten is dat ook met vaste kappen de meeste schimmelziekten voorkomen kunnen worden, maar dat meeldauw en sommige plagen, en met name appelbloedluis, hierdoor sterk gestimuleerd worden. Hiertegen moeten dan juist meer chemische middelen gebruikt worden (op een buitenlandse locatie moest een appelboomgaard onder vaste overkapping vanwege te sterke appelbloedluisaantasting gerooid worden). Dit komt mogelijk omdat de temperatuur onder een vaste kap hoger is dan in een standaard boomgaard. Onder een cabriokap hebben we aanzienlijk minder last van dat opwarmingseffect en de stimulans daarvan op meeldauw en plagen: bij droog en warm weer staat immers de kap open. Inmiddels lijkt het erop dat door natuurlijke en biologische bestrijding van appelbloedluis in combinatie met de cabriokap, de plaag appelbloedluis zonder inzet van insecticiden bestreden kan worden.

Het prototype wordt getest middels vergelijking met een referentieperceel. Op het referentieperceel worden de appels geteeld volgens de laatste inzichten uit de gangbare praktijk onder verantwoordelijkheid van het proefbedrijf Randwijk. Het prototype- en de referentie vormden voorafgaand aan het onderzoek één perceel dat voor dit project in tweeën gesplitst is.

Het volledige prototype is met de ingebruikname van de cabriokap pas toegepast vanaf oktober 2019. Het vangen van appelzaagwesp en appelbloesemkever is echter al in 2018 begonnen. De chemische bespuiting tegen appelzaagwesp zijn vanaf 2018 en tegen appelbloesemkever vanaf 2019 achterwege gelaten. De overige chemische bespuitingen zijn pas vanaf oktober 2019 achterwege gelaten toen de oogst grotendeels

achter de rug was (alleen de tweede pluk van het ras Junami was nog niet uitgevoerd). De cabriokap is tussen mei en augustus 2019 aangelegd. De aanleg van de cabriokap heeft een negatief effect gehad op de vitaliteit van de appelbomen die toen aanwezig waren. Er zijn ook nog apperassen geplant in 2021 toen het systeem al volledig operationeel was.

De metingen in 2018 wordt beschouwd als “nulmeting” hoewel in dat jaar de appelzaagwespbestrijding al was aangepast. Het jaar 2019 wordt beschouwd als een overgangsjaar. Het jaar 2020 is het eerste volwaardige onderzoeksjaar.

Op verzoek van de klankbordgroep Beschermd Appelteelt is ook het gewas peer zijdelings in het onderzoek meegenomen: van de in totaal 19 boomrijen zijn er 2 ingeplant met peer. Deze peren staan aan de kant waarnaast een oud perenperceel staat.

5.2.1 Belangrijkste dilemma's

Bij aanvang van het project is in de klankbordgroep gesproken over de hoge kosten van de huidige cabriokap (de “Raft” van fabrikant Cravo uit Canada). Deze hoge kosten bemoeilijken rendabel telen. Deze Raft cabriokap moet gezien worden als onderzoeksfaciliteit, niet als voorgestelde optie voor de praktijk. De klankbordgroep sprak de verwachting uit dat als appelteelt onder een cabriokap perspectieven toont, het bedrijfsleven met geschikte ontwerpen daarvan zou komen voor Nederlandse omstandigheden. Inmiddels hebben Cravo en FruitSecurity Holland aangegeven aan de ontwikkeling hiervan te werken dan wel deze te overwegen.

De cabriokap weert vruchtrotschimmels maar creëert omstandigheden waaronder meeldauw de levenscyclus goed kan voltooien. Meeldauw is dan ook tot nog toe de enige gewasbelager waartegen het middelengebruik niet gedaald is ten opzichte van de huidige praktijk. Na de zware meeldauwinfectie in 2020 en 2021 is gestart met het gebruik van twee fungiciden, beide van elkaar verschillend in actieve stof (geen CfS). In 2022 was de meeldauwinfectie onder controle maar was de sanitatie-intensiteit en het middelengebruik nog hoog. Door een betere controle en het rooien van het meest meeldauwgevoelige ras in het najaar van 2022 is de meeldauwinfectie in 2023 wellicht lager en zou het middelengebruik mogelijk kunnen dalen.

In 2022 werd een plotselinge toename van de aanwezigheid van appelbloesemkever waargenomen bij het prototype en is het gebruik van de bindbuisval geïntensiveerd. In 2023 zal tevens blijken of voldoende is of dat er een bespuiting nodig is om de plaag onder controle te houden.

5.3 Teelt resultaten bij appel

5.3.1 Optreden van ziekten

Uit de resultaten tot nu toe blijkt dat in de proef op de proeftuin Randwijk het systeem Beschermd Appelteelt even goed is in het bestrijden van schurft en vruchtrots als het praktijk-systeem: schurft treedt in beide percelen niet op en het percentage vruchtrots aangetaste vruchten is vergelijkbaar. Vruchtbomkanker wordt beter bestreden door de Beschermd Appelteelt. Meeldauw wordt echter nog niet goed bestreden waardoor het gebruik van chemische gewasbeschermingsmiddelen noodzakelijk blijft, zonder overigens dat hierbij actieve stoffen uit de EU-lijst CfS nodig zijn. Verder zijn er tot nu toe nauwelijks andere ziektes waargenomen bij de Beschermd Appelteelt maar ook niet in het praktijkperceel.

Schurft

Het systeem Beschermd Appelteelt is zeer effectief gebleken in de preventie van schurft: in de jaren 2020 t/m 2022 is in het veld geen noemenswaardige schurft gevonden bij de apperassen Junami, Elstar en Gala. Bij het appelras Gala, een zeer schurftgevoelig ras, en in het onderzoek het meest gevoelige, is aan de 20 waarnemingsbomen in 2020 één blad met één schurftvlekje gevonden en in 2022 twee bladeren met één vlek. In 2022 zijn vervolgens alle 110 Gala-bomen nauwkeurig gecontroleerd op schurft waarbij bij nog één boom aan één scheut schurft werd gevonden. Door voorlichters wordt dit geïnterpreteerd als “geen schurft”.

Na bewaring van de plukmonsters uit 2020 en 2021 is bij de drie rassen op de vruchten geen schurft gevonden (de bewaring van de pluk uit 2022 is nog niet afgerond).

In het praktijkperceel is eveneens geen noemenswaardige schurft gevonden. Alleen bij het appelras Junami zijn in 2022 in dit referentieperceel zestien bladeren van één boom met schurft gezien.

Op de proeftuin Randwijk treedt vrijwel altijd schurft op als het niet bestreden wordt omdat er voldoende schurftbronnen op de proeftuin aanwezig. Vanuit dat gegeven mag gesteld worden dat zowel het systeem Beschermd Appelsteelt als de chemische bestrijding uit de praktijk zeer succesvol en even effectief zijn geweest in de schurftbestrijding in de periode 2020 t/m 2022. Hierbij moet beseft worden dat 2020 en 2022 relatief droge jaren zijn geweest en 2021 juist een nat jaar. In natte jaren is de schurftdruk veel groter en is de bestrijding veel belangrijker. De resultaten uit 2021 zijn daarom het meest veelzeggend.

Vruchtboomkanker

Het systeem Beschermd Appelsteelt is veel effectiever gebleken in de preventie en bestrijding van vruchtboomkanker dan de praktijk. Gala en Kanzi zijn zeer vruchtboomkanker gevoelige rassen en zijn dus goede indicatorrassen voor de mate van vruchtboomkankerpreventie en -bestrijding.

De vruchtboomkankeraantasting bij Gala is bij het systeem Beschermd Appelsteelt heel laag ten opzichte van het praktijk-systeem. Dit uit zich zowel in het aantal gerooide bomen als in het aantal vruchtboomkankerplekken per boom (Tabel 3).

Tabel 3 Vruchtboomkankeraantasting per systeem op 18 mei 2022.

Ras/eerste groeijaar	Praktijk-systeem		Beschermd Appelsteelt	
	% bomen gerooid vanwege vruchtboom-kanker	Aantal vruchtboom-kanker-plekken /boom	% bomen gerooid vanwege vruchtboom-kanker	Aantal vruchtboom-kanker-plekken /boom
Gala/2018	50%	0.90	5%	0.32
Kanzi/2021	0%	0.20	0%	0.00
Natya/2019	0%	0.90	0%	0.05

De eerste Kanzi-aanplant stamt uit 2019, maar in de loop van 2020 was de vruchtboomkankeraantasting op het praktijkperceel al zo ernstig dat de bomen gerooid zijn. Bij het systeem Beschermd Appelsteelt was er op dat moment bijna geen vruchtboomkanker zichtbaar. In 2021 is er opnieuw Kanzi geplant. De start op het praktijkperceel is nu beter qua vruchtboomkanker, hoewel het aantal vruchtboomkankerplekken getalsmatig al iets hoger is dan bij het systeem Beschermd Appelsteelt.

Natya is minder gevoelig voor vruchtboomkanker dan Kanzi en Gala. Bij dat ras gingen er bij beide systemen geen bomen verloren, maar het aantal vruchtboomkankerplekken/boom was bij het systeem Beschermd Appelsteelt lager dan op het praktijkperceel.

Vruchtrot

Het systeem Beschermd Appelsteelt is in de jaren 2020 en 2021 even effectief gebleken in het voorkomen van bewaarrot dan het praktijk-systeem. Om het effect op bewaarrot te onderzoeken zijn plukmonsters extreem lang bewaard (tot juni in het jaar volgend op de pluk) om bewaarrot op te roepen. Voor sommige rassen heeft dat in bepaalde jaren tot een hoog rot-percentages geleid. Normaal gesproken worden deze hoge percentages voorkomen door minder lang te bewaren. De bewaring van de pluk uit 2022 loopt nog tot juni 2023, waardoor de gegevens daarvoor nog niet bekend zijn.

Van de pluk in 2020 was het percentage vruchten met vruchtrot na lange bewaring voor het praktijkperceel, gemiddeld over de rassen Junami, HoneyCrunch, Elstar en Magic Star 16% en bij het Systeem Beschermd Appelsteelt 14% (Tabel 4). Bij de pluk waren de percentages respectievelijk 0.0 en 0.8% (Botrytus-rot).

Tabel 4 Vruchtrotaantasting (%) voor het praktijkperceel (ref) en het systeem Beschermd Appelsteelt (BA).

Gewas	Ras	Eerste groeijjaar	Pluk 2018		Pluk 2019		Pluk 2020		Pluk 2021	
			ref	BA*	ref	BA*	ref	BA	ref	BA
Appel	Junami	2007	7	20	18	20	15	21	6	20
	HoneyCrunch	2014	(geen meting)		17	11	37	44	4	3
	Gala	2018	(geen vruchten)		14	3	11	3	9	7
	Elstar	2019			(geen vruchten)		7	1	10	0
	Magic Star	2019			(geen vruchten)		9	2	4	2
	Kanzi	2014	28	23	(gerooid)		(gerooid)		(gerooid)	
	Kanzi	2019			(geen vruchten)		50	15	(gerooid)	
Peer	Conference	2018	(geen vruchten)		10	13	8	5	16	6

* Kap nog niet geplaatst; de meting in 2018 fungeert als nulmeting; in 2019 is de cabriokap in mei t/m juli over de bestaande bomen heen aangelegd en vanaf oktober in gebruik genomen.

In 2021 en 2022 werd geen vruchtrot bij de pluk meer gevonden. De aantastingen na bewaring van de pluk uit 2021 waren 6,4 en 6,5% voor respectievelijk het praktijkperceel en Beschermd Appelsteelt. Hierbij is het ras Kanzi niet meegenomen omdat de bomen op het praktijkperceel in 2021 al gerooid waren. Het vruchtrotpercentage voor 2020 voor Kanzi was op het praktijkperceel veel hoger dan bij het systeem Beschermd Appelsteelt, waarschijnlijk door nectria-rot dat verband houdt met vruchtboomkanker. Het hoge percentage rot bij Junami van 20% voor 2021 kan verband houden met een hogere druk van vruchtrot in dat deel van het perceel gezien de hoge waarden bij de nulmeting in 2018. Hiermee is echter in de berekening van het gemiddelde van 6,5% voor Beschermd Appelsteelt geen rekening gehouden. Mogelijk dat de hittestress in 2019 op het Beschermd-Appelsteelt-deel van het perceel, waar niet berekend is in tegenstelling tot het praktijkperceel, tot meer vruchtrot heeft geleid en de vruchtrotdruk voor de jaren erna heeft verhoogd. Ook hiermee is geen rekening gehouden in de berekening van het gemiddelde van 6,5% voor Beschermd Appelsteelt.

Meeldauw

In 2020 bleek bij het systeem Beschermd Appelsteelt dat met sanitatie maatregelen via het tweemaal wegnemen van primaire meeldauwinfecties, de meeldauw niet voldoende te bestrijden was. Bij het ontwerp van het systeem Beschermd Appelsteelt was de verwachting dat meeldauw mogelijk een probleem zou kunnen zijn en dat dit systeem minder geschikt is voor zeer meeldauwgevoelige rassen. Bij de aanleg van het systeem Beschermd Appelsteelt was een perceel gekozen waar reeds bomen van het zeer meeldauwgevoelige ras HoneyCrunch stonden. Dit ras wordt in Nederland verder niet geteeld en is nu en in de toekomst economisch niet van belang. Wat in de planvorming reeds was onderkend kwam in de praktijk volledig uit: Vooral in combinatie met mechanische snoei, in de weken voor de bloei, bleek HoneyCrunch erg gevoelig voor aantasting met meeldauw. Het intensiveren van de sanitatie maatregelen in 2021 leidde niet tot verbetering, zodat vanaf mei 2021 gestart is met de chemische bestrijding van meeldauw en het rooien van de mechanisch gesnoeide HoneyCrunch. In combinatie met het blijven wegnemen van de primaire infecties heeft dat in 2022 tot een goede beheersing van de meeldauw geleid. Tevens zijn eind 2022 ook de hand-gesnoeide bomen van het ras HoneyCrunch gerooid om de meeldauwdruk in het perceel verder te verlagen (deze bomen hadden in 2022 de meeste meeldauw).

De meeldauwinfectie bij het systeem Beschermd Appelsteelt was overigens voornamelijk aanwezig op het blad. Op de vruchten was zowel op het praktijkperceel als bij het systeem Beschermd Appelsteelt over de drie jaar bij de oogst meestal geen meeldauwaantasting zichtbaar. De maximale schade was 3,6% aangetaste vruchten/ras en gemiddeld over der rassen en de jaren was de aantasting op beide percelen ongeveer gelijk: 0,39% op het praktijkperceel en 0,36% bij het systeem Beschermd Appelsteelt. De schade van de meeldauwinfectie was waarschijnlijk vooral indirecte schade via verlaagde vitaliteit en verminderde bloemknopproductie (door het vele wegnippen van de scheuten bij de sanitatie) leidend tot lagere dracht en kleinere vruchten.

In 2022 was de meeldauwinfectie onder controle maar was de sanitatie-intensiteit en het middelengebruik nog hoog. Door de betere controle en het rooien van het meest meeldauwgevoelige ras in het najaar van 2022 is de meeldauwinfectie in 2023 wellicht lager en zou het middelengebruik mogelijk ook kunnen dalen.

Overige ziekten

Naast vruchtboomkanker en vruchttrot zijn nauwelijks ziekten waargenomen in het veld en na bewaring.

In 2020 waren de vruchten van Junami bij de pluk in de Beschermd Appleteelt “groezelig” vergeleken met die van het praktijkperceel. In 2021 en 2022 is dat niet meer waargenomen. Mogelijk hield dit verband met opstuivend stof als gevolg van de mechanische onkruidbestrijding. In latere jaren zijn de bomen en vruchten elk jaar enkele malen afgespoeld door de cabriokap niet te sluiten tijdens een regenbui.

In 2022 werden bij Magic Star zowel op het praktijkperceel als bij de Beschermd Appleteelt zwarte vlekjes op de vruchten aangetroffen: 14% aangetaste vruchten op het praktijkperceel en 18% bij de Beschermd Appleteelt. Naar de oorzaak wordt nog onderzoek gedaan.

5.3.2 Optreden van plagen

Uit de resultaten tot nu toe blijkt dat in de proef op de proeftuin Randwijk het systeem Beschermd Appleteelt over het algemeen even goed is in het bestrijden van plagen als het praktijk-systeem. Uitzonderingen zijn de bestrijding van appelbloesemkever in 2022 en incidenteel roest- en spintmijt die in de Beschermd Appleteelt minder goed werden beheerst.

Tot en met 2021 was één chemische bespuiting nodig (zonder CfS), namelijk tegen roze appelluis. In 2022 kon deze bespuiting verder beperkt worden tot het bespuiten van 2 tot 3 takken per boom bij 5% van de bomen.

Appelzaagwesp

In 2017 was er op het perceel dat bestemd was voor het Beschermd Appleteelt-onderzoek aantasting door appelzaagwesp waargenomen.

Vanaf 2018 is op de perceelshelft waar de cabriokap zou komen, begonnen met het massaal vangen van appelzaagwespen met de in dit project ontwikkelde plakvallen en zijn chemische bespuitingen achterwege gelaten. Op de andere helft, het beoogde praktijk perceel, is begonnen met de chemische bestrijding van appelzaagwesp met de actieve stof acetamiprid (geen CfS) als vervanger van het effectievere thiacloprid dat wel een CfS is.

Uit de tellingen van de primaire aantasting met appelzaagwesp kort na bloei bleek dat er in de loop van de eerste proefjaren heel weinig maar ook steeds minder aangetaste vruchtclusters geteld werden in zowel het praktijk systeem als het Beschermd Appleteelt systeem (Tabel 5). Dit kan betekenen dat beide systemen effectief waren, hetgeen het meest waarschijnlijk is, maar het is in theorie ook mogelijk dat de plaagdruk om andere redenen op beide perceelhelften is afgenomen.

Tabel 5 Aangetaste vrucht-clusters door appelzaagwesp (clusters /boom) in het voorjaar in elk systeem; Gemiddelde schade over alle apperassen.

Systeem	2018	2019	2020	Gemiddeld
Praktijk	1,2	0,3	0,0	0,5
Beschermd Appleteelt	2,2	0,7	0,0	1,0
Gemiddeld	1,7	0,5	0,0	0,8

Vanaf 2018 zijn de vruchten bij de pluk onderzocht op de aanwezigheid van appelzaagwesp-schade (Tabel 6). In alle jaren en apperassen werd enige schade geconstateerd zowel in het praktijk-systeem als het Beschermd Appleteelt-systeem.

Tabel 6 Appelzaagwesp schade bij de pluk (prik & slinger; percentage aangetaste vruchten) op het praktijkperceel (Ref) en in de Beschermd Appelteelt (BA).

Ras	1e groei-jaar	Systeem	2018	2019	2020	2021	2022
Kanzi	2014	Ref	4.6%	gerooid			
		BA	2.3%	gerooid			
HoneyCrunch-spil/Junami	2014/2007	Ref	0.8%	1.0%	4.1%	5.0%	0.0%
		BA	0.8%	1.4%	2.6%	0.9%	3.1%
HoneyCrunch-spil/Junami/ Gala/Elstar/MagicStar/	2014/2007/ 2018/2019/2019	Ref	niet alle rassen in		4.2%	3.7%	0.1%
		BA	productie		2.5%	0.9%	2.0%

*Kap nog niet geplaatst; de meting in 2018 fungeert als nulmeting; in 2019 is de cabriokap in mei t/m juli 2019 over de bestaande bomen heen aangelegd en vanaf oktober in gebruik genomen.

De grootste schade werd waargenomen in 2021 bij Magic Star op het praktijk systeem (8.1%) en het Beschermd Appelteelt systeem (5,5%). Gemiddeld over alle ras/jaar-combinaties was het schadepercentage op het praktijkperceel 1,1% en in de Beschermd Appelteelt 0,8%. Hoewel niet alle appelzaagwesp schade is geteld - gevallen of gedunde vruchten met aantasting in het groeiseizoen zijn namelijk niet geteld - zijn de verschillen tussen beide systemen klein en lijken even effectief qua beheersing van de appelzaagwesp.

Appelbloesemkever

De toepassing van de in dit project ontwikkelde bindbuisvallen voor het massaal vangen van appelbloesemkever is gestart in juni 2018 om de aantasting met appelbloesemkever vanaf 2019 te voorkomen. Aantasting leidt in eerste instantie tot bloesemschade gevolgd door verminderde zetting en mogelijk te lage vruchtdracht. In tweede instantie worden ook gezette vruchten beschadigd, hetgeen bij de pluk een duidelijk tot appelbloesemkever te herleiden schadebeeld geeft. Schade aan vruchten treedt vooral op bij een verder gevorderde epidemie. Het percentage beschadigde vruchten bij de pluk is weergegeven in Tabel 7.

Tabel 7 Appelbloesemkeverschade van de vruchten bij de pluk in de twee systemen (percentage aangetaste vruchten). BA=Beschermd Appelteelt; Ref= Referentie.

Ras	1e groei-jaar	Systeem	2018	2019	2020	2021	2022
HoneyCrunch-spil/Junami	2014/2007	Ref	0.2%	0.2%	0.4%	0.9%	0.0%
		BA	0.1%	0.3%	2.0%	0.0%	21.0%
HoneyCrunch-spil/Junami/ Gala/Elstar/MagicStar/	2014/2007/ 2018/2019/2019	Ref	niet alle rassen in		0.7%	2.8%	0.1%
		BA	productie		1.8%	0.6%	22.5%

Tabel 7 toont dat in 2020 en 2021 de schade aan vruchten bij de pluk in beide systemen beperkt was. Hierbij moet vermeld worden dat in het praktijk systeem de chemische bestrijding in 2021 niet het beoogde effect had waardoor het percentage aangetaste bloemen van Junami en Gala gemiddeld 37% was en in de Beschermd Appelteelt 21%. Hierdoor was de schade bij de pluk in het praktijkperceel ook hoger (Tabel 7).

In 2022 is er een sterke toename van de schade in de Beschermd Appelteelt waargenomen (Tabel 7). Dit was verrassend gezien de lage schadepercentages in 2021. Een mogelijke oorzaak is de toename van de appelbloesemkeverpopulatie in 2021 in het praktijksysteem en een aangrenzend appelperceel, vanwege de mislukte chemische bestrijding in het voorjaar van 2021. Hierdoor heeft de appelbloesemkever zich daar sterk kunnen vermeerderen. Dit was voor het praktijksysteem geen probleem aangezien de chemische bestrijding in het voorjaar van 2022 wel goed lukte (Tabel 7). Het is mogelijk dat er vanuit het praktijksysteem en het aangrenzende appelperceel tussen juni 2021 en januari 2022 veel appelbloesemkevers het Beschermd Appel systeem zijn binnen gekomen die niet voldoende met de vallen zijn bestreden en tot veel schade bij de pluk in 2022 hebben geleid. Het is ook mogelijk dat na het weghalen van de vallen in januari 2022 er appelbloesemkevers naar het Beschermd Appelteelt systeem zijn gekomen. Vanaf de zomer van 2022 is de toepassing van de bindbuisval op verschillende manieren geïntensifieerd om de plaag onder controle te krijgen.

Roze appelluis

In mei 2021 werd vastgesteld dat het buitensluiten van roze-appelluis-mannetjes in oktober via het sluiten van het dak en de wanden van de cabriokap niet effectief was in het voorkomen van het ontwikkelen van een roze-appelluis-plaag in het voorjaar. Om die reden is in 2021 één keer gespoten met de actieve stof flonicamid (geen CfS) in het Beschermd Appel systeem. Het uitzetten van gaasvlieglarve *Chrysoperla carnea* om de appelluis te bestrijden bleek niet effectief in 2022. Wel kon in datzelfde jaar met het selectief spuiten op alleen de aangetaste scheuten de inzet van flonicamid flink worden verminderd: in drie rondgangen tijdens de ontwikkeling van roze appelluis hoefde in totaal maar bij 5% van de bomen 2 tot 3 takken bespoten te worden om de plaag onder controle te krijgen en schade te voorkomen. Het selectief spuiten tegen roze appelluis is in potentie te automatiseren.

Appelbloedluis

Ondanks het feit dat in buitenlands onderzoek met vaste overkapping uitgebreide chemische bestrijding van appelbloedluis noodzakelijk was (en in een incidenteel geval niet afdoende was, leidend tot de rooi van de boomgaard) was chemische bestrijding in het Beschermd Appelsteelt systeem niet nodig. De natuurlijke plaagbestrijding was waarschijnlijk effectief genoeg. In 2021 was slechts bij één van de appelrassen bij 5% van de bomen 10 tot 30% productievermindering vastgesteld. In 2022 kon via het uitzetten van larven van *Exochomus quadripustulatus* de ontwikkeling van appelbloedluis geremd worden. Tevens is er in 2022 geen productievermindering door appelbloedluis meer vastgesteld. De komende drie jaar moet blijken of dit effect blijvend is.

Roest- en spintmijt

Sinds 2020 is af en toe roest- of spintmijt waargenomen wat mogelijk geleid heeft tot slechtere kleuring van de vruchten bij de oogst. De biologische bestrijding hiervan via het inbrengen van roofmijten uit andere percelen door het overplaatsen van scheuten, is niet afdoende gebleken. Sinds juli 2022 worden extra roofmijten en andere roofmijtsoorten van Koppert ingezet. Deze strategie wordt in het voorjaar van 2023 vervolgd.

Rupsen

Het percentage vruchten bij de oogst met schade door voorjaarsrupsen en bladrollers is gemiddeld over vijf appelrassen in beide systemen licht toegenomen over de jaren (Tabel 8). De percentages bij de Beschermd Appelsteelt liggen iets hoger, 1,7% versus 0,6%. Het hoogste percentage per ras en jaar is 4,3% voor de Beschermd Appelsteelt en 2,8% voor het praktijk systeem.

Tabel 8 Percentage vruchten met schade door voorjaarsrupsen en bladrollers bij de pluk in de twee systemen (gemiddelde van 5 appelrassen).

Systeem	2020	2021	2022	Gemiddeld
Praktijk	0,1	0,4	1,3	0,6
Beschermd Appelsteelt	0,9	1,9	2,5	1,7
Gemiddeld	0,5	1,2	1,9	1,2

Wantsen

In 2020 en 2022 is nauwelijks wantsenschade bij de pluk waargenomen in beide systemen. In 2021 is alleen bij het ras HoneyCrunch wantsenschade waargenomen: in het praktijk systeem bij 0,8% van de vruchten en 0,9% in het systeem Beschermd Appelsteelt. Groene appelwants is een bekende plaag in de appelsteelt, maar komt voornamelijk voor in boomgaarden in de nabijheid van aardappelsteelt. In de omgeving van proeftuin Randwijk wordt geen aardappel geteeld, waardoor er op de proeftuin weinig groene appelwants wordt gevonden. In 2018 en 2019 is daarom in een appelboomgaard naast een aardappelperceel bij Kraggenburg in de Noordoostpolder onderzoek gedaan naar de mogelijkheden van schermen met plakranden om migratie van groene appelwants uit aardappel naar appel fysiek tegen te gaan. Ondanks dat in eerdere jaren groene appelwants gevonden was in die boomgaard was dat in 2018 en 2019 niet het geval en heeft dat onderzoek geen resultaat opgeleverd omdat er sowieso geen wantsen gevangen werden.

Overige aantastingen door de fauna

Oorwormen zijn een natuurlijke vijand voor tal van plaaginsecten. Een overmaat aan oorwormen kan echter schade veroorzaken aan de vruchten. Dit was vooral het geval in 2021 en gelijk in beide systemen (Tabel 9).

Tabel 9 *Percentage vruchten met schade door oorwormen bij de pluk in beide systemen.*

Systeem	2020	2021	2022	Gemiddeld
Praktijk	0,9	2,3	0,0	1,1
Beschermde Appelteelt	1,6	1,7	0,0	1,1
Gemiddeld	1,3	2,0	0,0	1,1

Tenslotte kunnen vogels ook schade aan vruchten veroorzaken. De schade was echter in beide systemen beperkt en wellicht bij de Beschermde Appelteelt iets hoger (Tabel 10). Uit deze waarnemingen valt ook af te leiden dat de cabriokap geen belemmering is voor deze en waarschijnlijk ook andere vogels, om naar de bomen toe te gaan. Dat is van belang omdat vogels ook plaaginsecten eten.

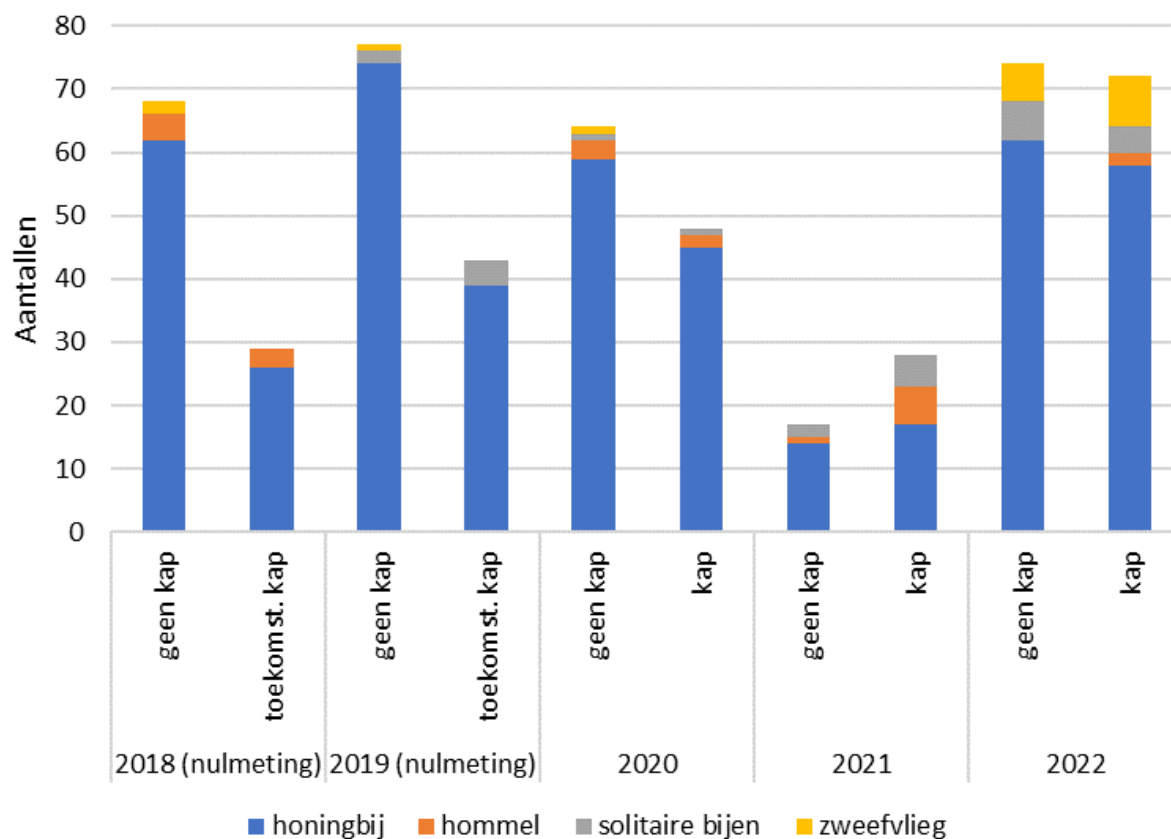
Tabel 10 *Vogelschade aan vruchten bij de pluk in beide systemen.*

Systeem	2020	2021	2020	Gemiddeld
Praktijk	0,6	0,7	0,5	0,6
Beschermde Appelteelt	0,4	1,9	1,1	1,1
Gemiddeld	0,5	1,3	0,8	0,9

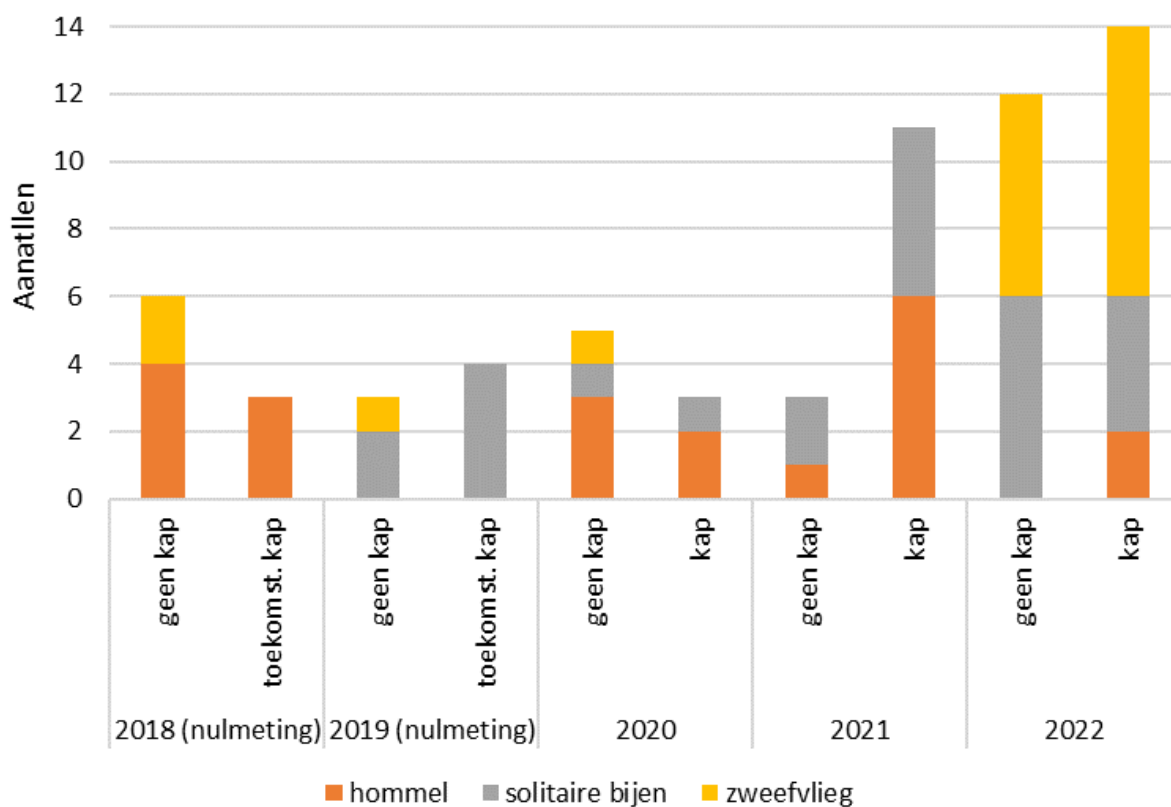
5.3.3 Aanwezigheid bestuivers

De monitoring over jaren van bestuivers levert geen aanwijzingen dat het systeem Beschermde Appelteelt een negatief effect heeft op de mate van aanwezigheid (abundantie) van de honingbij, qua aantal verreweg de belangrijkste bestuiver (Figuur 27). Voordat de kap aangelegd werd (2018 en voorjaar 2019) was de abundantie van de honingbij in het deel van het perceel dat als referentie zou gaan dienen, reeds hoger. Dit heeft waarschijnlijk te maken met een gunstige positionering van dit perceeldeel op het terrein, namelijk naast een meer extensief beheerde soortenrijke begroeiing. De data tot dusver zouden kunnen geïnterpreteerd worden als dat de cabriokap het leefmilieu voor bestuivers eveneens gunstig beïnvloedt (relatief warm en droog), waardoor het aanvankelijke verschil tussen beide perceeldelen wordt opgeheven. De verhouding van bestuivers aanwezig op het perceel met de carbrio-kap en het referentie perceel was gemiddeld 0,5 bij de nulmetingen en 1,1 na plaatsing van de kap. De data laten echter niet toe daar duidelijke conclusies over te trekken.

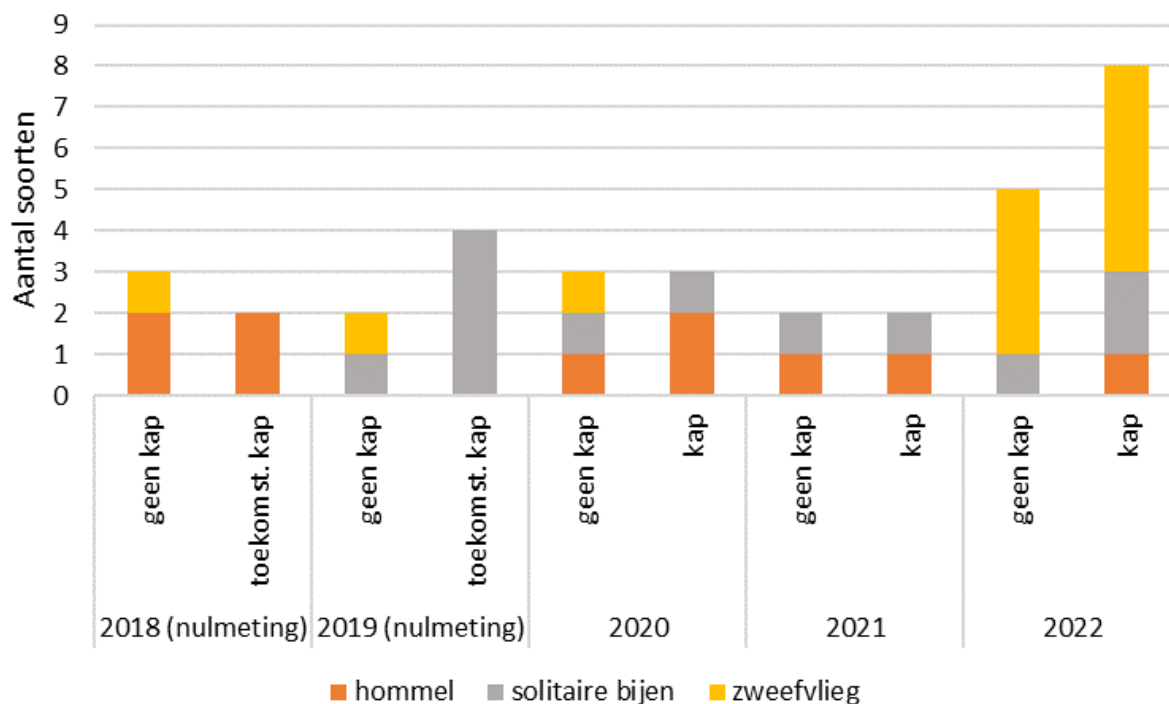
Als we inzoomen op de aanwezigheid van wilde bestuivers dan zijn de aantallen bestuivers vergelijkbaar in het systeem Beschermde Appelteelt en de praktijk zonder kap (Figuur 28). De verhoudingen in aanwezigheid van wilde bestuivers tussen het perceel waar de Beschermde appelteelt zou komen en het praktijkperceel was gemiddeld 0,8 bij de nulmetingen. In twee van de drie jaren na de volledige start van de Beschermde Appelteelt (2020 en 2022) was de verhouding 0,9 en dus erg vergelijkbaar. Alleen in 2021 was de aanwezigheid van wilde bestuivers onder de kap duidelijk hoger. De soortenrijkdom van wilde bestuivers laat een vergelijkbare situatie tussen beide systemen zien (Figuur 29): het aantal soorten in de jaren voor en na plaatsing van de kap is gemiddeld voor het kap- en referentiedeel naar verhouding vergelijkbaar



Figuur 27 Mate van aanwezigheid van honingbij en wilde bestuivers (abundantie) voor beide systemen.



Figuur 28 Mate van aanwezigheid van wilde bestuivers (abundantie) voor beide systemen.



Figuur 29 De soortenrijkdom van wilde bestuivers per systeem.

5.3.4 Onkruidbestrijding

De mechanische onkruidbestrijding bestreed onkruiden succesvol. De mechanische bestrijding moest vaker uitgevoerd worden dan de chemische bestrijding in het praktijk systeem wat meer arbeid kostte.

5.3.5 Gebruik chemische gewasbeschermingsmiddelen

Het gebruik van chemische gewasbeschermingsmiddelen in de Beschermd Appelsteelt was veel lager dan in het praktijk systeem zonder dat actieve stoffen van de EU-lijst CfS werden gebruikt (Tabel 11).

Tabel 11 Het aantal bespuitingen met chemische gewasbeschermingsmiddelen en het aantal gebruikte middelen per systeem.

Appelsteelt	Aantal chemische bespuitingen	Aantal chemische middelen
Praktijkperceel	20-39	11-23
Beschermd Appelsteelt <i>hypothese</i>	0-6	0-3
Beschermd Appelsteelt <i>realisatie '20</i>	5	3
Beschermd Appelsteelt <i>realisatie '21</i>	7	3
Beschermd Appelsteelt <i>realisatie '22</i>	7-9*	3

* Indien de drie rondgangen voor de meeldauwbestrijding bij totaal 5% van de bomen als aparte bespuitingen geteld worden dan is het totaal aantal bespuitingen 9, als die als een enkele bespuiting geteld wordt is het totaal aantal 7.

Bij het ontwerp van het systeem Beschermd Appelsteelt werd uitgegaan van maximaal zes chemische bespuitingen per jaar met maximaal drie chemische middelen. Dit zou een reductie van 70 en 80% ten opzichte van het praktijk systeem betekenen. Tot en met 2022 bleken inderdaad drie actieve stoffen nodig te zijn: penconazool en fluxapyroxad (beide tegen meeldauw) en flonacamid (tegen roze appelmuis).

Tot en met 2021 is er jaarlijks eenmaal tegen roze appelmuis gespoten, in 2022 is de bespuiting beperkt gebleven tot twee à drie takken bij 5% van de bomen maar moest daarvoor driemaal door de boomgaard worden gereden (formeel telt dit als drie bespuitingen).

De overige bespuitingen waren voor de meeldauwbestrijding, waarbij zes bespuitingen in 2021 en 2022 nodig waren om de zware meeldauwinfectie te onderdrukken. Het aantal bespuitingen en het aantal middelen gebruikt in het praktijk systeem lag vele malen hoger (Tabel 11).

5.3.6 Productie en kwaliteit

De productie van de Beschermd Appelteelt verbeterde in de loop van de jaren, na aanvankelijk een slechte start vergeleken met het praktijksysteem.

In 2019, het jaar waarin de cabriokap werd aangelegd, werd bij de twee volgroeide appelrassen een productieverlies van 27% vastgesteld. In 2019 en 2020 hebben de volgende zaken bijgedragen aan vitaliteits- en productieverlies in het systeem Beschermd appelteelt:

- Geen beregening tegen hittede schade in juni en juli 2019 vanwege de aanleg van de cabriokap (het praktijk systeem werd wel beregend).
- Veel meeldauw in het Beschermd Appelteeltsysteem.
- Water geven via minisprinklers in de Beschermd Appelteelt werkte voor de net geplante bomen minder goed dan de druppelirrigatie (fertigatie) toegepast in het praktijk systeem.

Vooraf door de chemische bestrijding van de meeldauw vanaf zomer 2021 en de toepassing van druppelirrigatie in de Beschermd Appelteelt herstelde de productie zich bij de jongere bomen (Tabel 12).

Bij de rassen die volgroeid waren in 2018 is geen herstel van de productie opgetreden (Tabel 12). Dit betekent dat de opgelopen schade bij de start zodanig was dat herstel tot nu toe niet mogelijk was of dat het systeem Beschermd Appelteelt alleen toegepast kan worden als met nieuwe bomen gestart wordt.

Opvallend is dat het percentage eerste pluk bij de jongere bomen lager is in de Beschermd Appelteelt. Dit heeft mogelijk te maken met de al eerder gemelde roest- en spintmijtaantasting (achterblijvende kleuring van de vruchten). De komende jaren wordt geprobeerd deze aantasting te voorkomen door een aangepaste rooimijtenstrategie.

Tabel 12 Totale productie in de periode 2020 t/m 2022 voor beide systemen. BA=Beschermd Appelteelt; Ref=Referentie.

Gewas/ontwikkelingsfase (aantal rassen)	Systeem	1e pluk (%)	Aantal vruchten /boom	Totaal gewicht /boom (kg)	Gemiddeld vrucht-gewicht (g)
Appel/volgroeid in 2018 (2)	Ref	54%	254	44.1	173
	BA	55%	175	29.9	171
	BA/Ref		69%	68%	98%
Appel/2018+2019 eerste groeijaar (3)	Ref	76%	164	28.3	173
	BA	68%	149	25.0	168
	BA/Ref		91%	88%	97%
Appel/2021 eerste groeijaar (2)	Ref	91%	32	5.1	157
	BA	72%	33	5.9	176
	BA/Ref		103%	116%	112%

Het percentage afwijkende vruchten bij de eerste pluk varieerde sterk over de jaren (Tabel 13). Bij afwijkingen gaat het om schade door ziekten, plagen en fysieke processen (hagel, zonnebrand, e.a.) en fysiologische afwijkingen (glazigheid, kurkstip, scheurtjes). Het totaalpercentage is een overschatting omdat het een som is van de verschillende schadepercentages en sommige vruchten meerdere schades hebben.

Tabel 13 Vruchtafwijkingen (%) bij de eerste pluk in beide systemen. BA=Beschermde Appelteelt; Ref=Referentie.

Gewas/ontwikkelingsfase (aantal rassen)	Systeem	2018* nulmeting	2019*	2020	2021	2022
Appel/volgroeid in 2018 (2)	Ref	7%	7%	20%	32%	13%
	BA	12%	8%	66%	18%	40%
Appel/2018+2019 eerste groeijaar (3)	Ref			16%	32%	10%
	BA			8%	9%	37%
Appel/2021 eerste groeijaar (2)	Ref					5%
	BA					29%

* Kap nog niet geplaatst; de meting in 2018 fungeert als nulmeting; in 2019 is de cabriokap in mei t/m juli 2019 over de bestaande bomen heen aangelegd en vanaf oktober in gebruik genomen.

De nulmeting uit 2018 laat zien dat ongeveer 10% van de vruchten met afwijkingen normaal is. In 2020 hebben de volgroeide bomen meer afwijkingen vooral in de Beschermde Appelteelt; dit was vooral kurkstip, een fysiologische afwijking die verband houdt met de wateropname. De jongere bomen hadden hier veel minder last van in 2020. In 2021 waren de percentages met afwijkingen juist lager in de Beschermde Appelteelt, vooral door het voorkomen van hagelschade met de cabriokap (2021 was het enige jaar waarin hagelschade voorkwam). Evenals in 2020 waren de schadepercentages in 2021 van de jonge bomen in de Beschermde Appelteelt lager dan van de volgroeide bomen en hadden met de 9% een normaal niveau. In 2022 waren de schadepercentages in zowel jonge als volgroeide bomen een stuk hoger in de Beschermde Appelteelt, voornamelijk door prikken van appelbloesemkever.

Klasse-1 is tot nu toe niet apart bepaald. Nu de ziekte- en plaagbestrijding en de productie bij de jongere bomen op niveau is wordt vanaf 2023 ook klasse-1 bepaald.

De vruchtkwaliteit van de oogsten uit 2020 t/m 2022, te weten het zetmeelgehalte (hetgeen de rijping weergeeft), hardheid en grondkleur (van groen naar geel) en suiker- en zuurgehalte was gemiddeld over de jaren en de rassen gelijk voor het praktijkperceel en Beschermde Appelteelt. Het aantal zuurmetingen was in die periode beperkt, dus daar zijn meer metingen voor nodig om een beter beeld te krijgen; de suiker- en zuurmetingen van de pluk 2022 vinden pas na bewaring in juni plaats. Het percentage roodgekleurd oppervlak was echter bij de helft van de rassen minstens 10% lager in de Beschermde Appelteelt; gemiddeld over alle rassen en jaren werd op het praktijkperceel 71% blos geregistreerd en 65% in de Beschermde Appelteelt. De mindere blos heeft mogelijk te maken met stofafzetting als gevolg van de mechanische onkruidbestrijding bij droge grond of met roestmijtaantasting. Voor beide aspecten is nog verbetering mogelijk.

5.3.7 Teeltresultaten bij peer

Ondanks dat er geen speciale strategie voor ziekte- en plaagbestrijding voor peer is ontwikkeld, zijn de teeltresultaten van het systeem Beschermde Appelteelt bij peer goed. Voor het gemak duiden we peer die op deze wijze geteeld is onder de cabriokap aan als geteeld in het systeem Beschermde Perenteelt. Hoewel daar dus geen eigen specifiek ontwikkelingstraject voor is opgezet. Tot nu toe is geen enkele chemische bespuiting uitgevoerd in deze Beschermde Perenteelt.

Tot op heden is er geen schurft gevonden, waarmee de cabriokap zich onderscheidt omdat elders op de proeftuin Randwijk bij vaste overkapping bij peer veel schurft op vruchten en scheuten gevonden is. Ook is er geen vruchtboomkanker en meeldauw bij peer waargenomen in het systeem Beschermde Perenteelt. In juli 2021 werd er geen vruchtboomkanker gevonden terwijl op het praktijkperceel 18% van de bomen twee of meer aangetaste scheuten hadden. Voor vruchttrot ontwikkelt zich een verschil in aantasting tussen de twee systemen: na extreem lange bewaring van de plukmonsters uit 2021 werd in peren van de Beschermde Perenteelt 6% vruchttrot vastgesteld en in de referentie 16%. In het voorgaande jaar was het verschil minder groot. Verder is in de Beschermde Perenteelt tot en met 2022 incidenteel roest gevonden (in het praktijk systeem niet). Roest is net als meeldauw een droogte minnende schimmel. De aantasting blijft veelal beperkt tot het blad en veroorzaakt weinig schade.

Plagen zijn eveneens nauwelijks opgetreden. Perenbladvlooiën en perenknopkevers, de belangrijkste schadeveroorzakers in peer, zijn tot en met 2022 niet zichtbaar opgetreden. Incidenteel zijn perengalmuggen waargenomen als larven in net gezette en vervormde vruchtjes, ook wel "dikkopjes" genoemd. Dit is een opbouwende plaag met een bodemfase. Vanaf 2023 zullen deze vruchtjes handmatig worden weggenomen, hetgeen op termijn in potentie te automatiseren is omdat de geïnfecteerde vruchtjes een afwijkende vorm hebben en daardoor goed te herkennen zijn. Ook zijn vruchtboombladwesp (*Caliroa cerasi*) en diverse bladmineerders waargenomen, maar deze geven slechts enige bladschade laat in het seizoen.

Bij pluk was het percentage beschadigde vruchten laag en vergelijkbaar met het praktijksysteem. In 2020 waren er onder de cabriokap 6% van de peren flesvormig, een effect van nachtvorst. In 2021, een echt nachtvorstjaar, werden geen flesvormige vruchten gevonden in de Beschermd Perenteelt. In dat jaar was er wel veel nachtvorstschade zichtbaar bij de pluk van het praktijksysteem. In 2022 werd relatief veel schade door voorjaarsrupsen geconstateerd aan vruchten in de Beschermd Perenteelt (twee derde van het totale percentage vruchten met afwijkingen - 6%).

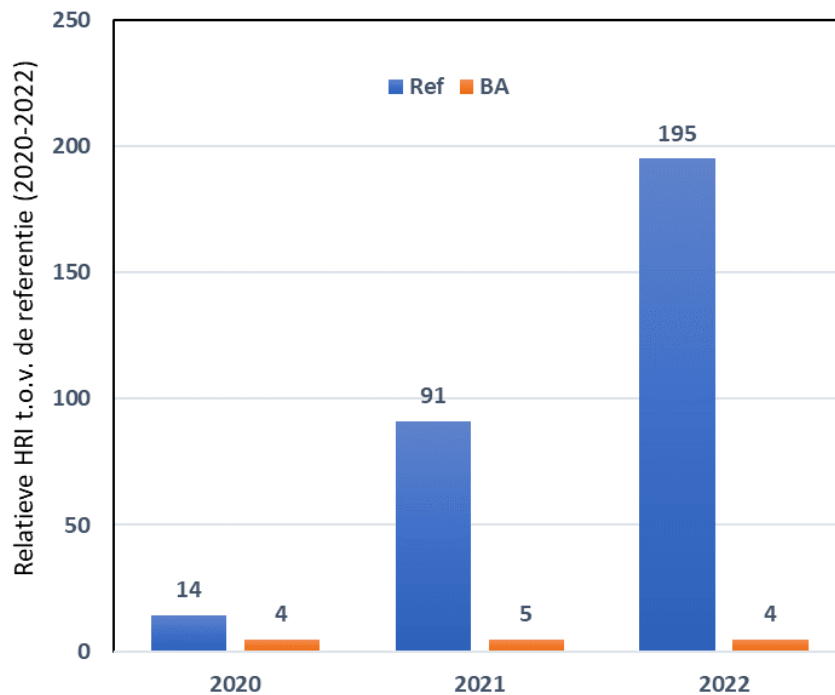
De productie in de Beschermd Perenteelt was alle jaren hoger dan in het praktijk systeem (Tabel 14). Door de hogere dracht was het vruchtgewicht lager, maar hoog genoeg voor de goede maatklassen. Daarnaast viel op dat peren in de Beschermd Perenteelt veel gladder/minder gebronsd of verruwd waren.

Tabel 14 De productie van peer in de periode 2020 t/m 2022 voor beide systemen. BA=Beschermd Appelenteelt; Ref=Referentie.

Gewas/ontwikkelingsfase (aantal rassen)	Systeem	Aantal vruchten/ boom	Totaal gewicht/ boom (kg)	Gemiddeld vrucht- gewicht (g)
Peer/2018 eerste groeijaar (1)	Ref	101	26.1	258
	BA	178	38.3	215
	BA/Ref	176%	147%	84%

5.4 Impact op milieu

De milieu impact wordt in deze casus beschreven met de Harmonised Risk Index (HRI). Zijdelings wordt ook verwezen naar de CLM-milieumeetlat. Figuur 30 toont de HRI voor Beschermd Appelenteelt en Referentie over de toetsperiode. De HRI-waarden zijn relatief ten opzichte van de gemiddelde HRI in de referentie over de toetsperiode weergegeven. Feromonen zijn niet in de berekening meegenomen evenals dunningsmiddelen en groeiregulators. Al deze stoffen leiden niet tot noemenswaardige milieubelasting en residu op de vruchten.



Figuur 30 De Harmonised Risk Index (HRI) van de Beschermd Appelteeft (BA) en de referentie (Ref) in de periode 2020-2022. De HRI van de Beschermd Appelteeft is relatief ten opzichte van de gemiddelde HRI van de referentie over de periode 2020-2022 die op 100 is gezet.

De HRI van de Beschermd Appelteeft is zeer laag ten opzichte van het praktijkperceel (Ref) waarvan de HRI sterk is toegenomen in toetsperiode. Dat heeft waarschijnlijk te maken met het natte weer in 2021, terwijl 2020 relatief droog was. Hierdoor was de ziektedruk in 2020 laag en was er weinig gewasbescherming nodig. Het jaar 2021 was juist een nat jaar waardoor de ziektedruk opliep, hetgeen nog doorwerkte in 2022, ondanks dat 2022 een droog jaar was. Met name vruchtboomkanker is al jaren een groot probleem in de fruitteelt, een probleem dat verergert in natte jaren. In natte jaren, zoals in 2021, en bij de hoge ziektedruk vanuit de omgeving lijkt de weerbaarheid van het systeem Beschermd Appelteeft nog steeds groot gezien het lage aantastingsniveau in vergelijking met de referentie.

In het systeem Beschermd Appelteeft zijn in de periode 2020 t/m 2022 drie actieve stoffen gebruikt welke geen van allen op de EU-lijst CfS staan: flonicamid tegen roze appelluis (*Dysaphis plantaginea*) en fluxapyroxad en penconazool tegen echte meeldauw (*Podosphaera leucotricha*).

Op het wettelijk gebruiksvoorschrift staat vermeld dat flonicamid gevaarlijk is voor bijen en andere bestuivende insecten en dat bij aanwezigheid van bloeiende gewassen of actief bezoek van bijen van niet-bloeiende gewassen het middel alleen na zonsondergang tot zonsopgang gespoten mag worden. Sinds flonicamid vanaf 2022 alleen is toegepast op twee tot drie takken per boom (bij 5% van alle bomen) lijkt de impact op bestuivers gering. De resultaten van de bestuiver-tellingen (Figuur 27-28) en het hoge niveau van natuurlijke plaagbestrijding in het systeem Beschermd appelteeft geven aan dat de milieu-impact van het toegepaste flonicamid in de Beschermd Appelteeft gering is geweest.

Het middel op basis van fluxapyroxad leidt bij de CLM-milieumeet alleen tot een aantal punten voor effect op "waterleven" waarbij de hoogte afhankelijk is van het driftpercentage. Er zijn drift-reducerende spuittechnieken voorhanden om het effect op waterleven zodanig te beperken dat het binnen de norm van het Ctgb ligt. Bespuitingen voor 1 mei moeten bijvoorbeeld volgens het wettelijk gebruiksvoorschrift worden uitgevoerd met een driftreductie van 90%. Het prototype Beschermd Appelteeft ligt niet in de buurt van oppervlaktewater zodat er sowieso weinig milieueffecten zijn te verwachten op "waterleven". Voor de toetsing van het prototype is het echter van belang om de opties bij aangrenzend oppervlaktewater mee te nemen. In de proef is standaard gespoten met driftarme doppen die een driftreductie van 90% geven. Deze reductie is te verhogen naar 99% door de laatste rij bij een sloot eenzijdig te spuiten en het FLOS-systeem

te gebruiken (met het FLOS systeem wordt windrichting- en windkracht-afhankelijk gespoten). Eenzijdig spuiten van de laatste rij en het FLOS-systeem is in de proef vooralsnog niet toegepast.

Voor het middel op basis van penconazool wijzen zowel het wettelijk gebruiksvoorschrift als de CLM-milieumeetlat alleen op een mogelijk negatief effect op het grondwater. De wettelijke gebruiksvoorwaarde is dat het middel niet in grondwaterbeschermingsgebieden gebruikt mag worden. De CLM-milieu-meetlat berekent een effect op grondwater die in de effectklasse "oranje" (tussen "groen" en "rood" in) valt bij gronden met een laag organisch stofgehalte (<3%). Bij hogere organische stofgehalten zou het effect (waarschijnlijk) binnen de CLM-milieumeetlat- en CTGB-norm vallen. Op de proeflocatie is het organische stofgehalte hoger dan 3%. In het systeem Beschermd Appelteelt was dit middel belangrijk bij het terugbrengen van de zware meeldauwinfectie bij de start van het onderzoek met als doel vervolgens met sanitatie de ziektedruk laag te houden. Deze actieve stof is namelijk uniek in het tegengaan van de infectie van knoppen rond het afsluiten van de scheutgroei waardoor overwintering van de ziekte wordt voorkomen dan wel verminderd. Bovendien geeft dit middel bij toepassing in die fase van het groeiseizoen geen meetbaar residu op de vruchten bij de pluk. Vanaf 2023 komt een nieuw en waarschijnlijk vergelijkbaar effectief middel op de markt dat volgens het wettelijk gebruiksvoorschrift wel toegepast mag worden in grondwaterbeschermingsgebieden.

5.5 Impact op economie

De teelt van appel is een meerjarige teelt waarbij in de eerste jaren sprake is van een stichtingsperiode: er is nog geen volledige productie en de kosten zijn hoger dan de opbrengsten. Om twee teeltsystemen goed (economisch) te kunnen vergelijken moeten in principe de kosten en baten over de totale levensduur vanaf aanplant met elkaar worden vergeleken. Bij appel is die levensduur standaard 15 jaar. Zo lang staat de proef er nog niet, en dus is er ook nog geen inzicht in de kosten en baten over de gehele levensduur van het nieuwe systeem. De economische verkenningen voor de appelcasus zijn daarom gebaseerd op het verschil in marginaal saldo tussen een "gewone" teelt en een bedekte teelt tijdens een jaar in de volwassen fase van de aanplant. Daarbij wordt er dus van uitgegaan dat de levensduur en de stichtingskosten van de aanplant gelijk zijn, op de kosten voor de kap na. Een saldo wordt berekend uit de opbrengsten (productie * prijs) minus de toegerekende kosten. De toegerekende kosten zijn alle kosten die direct zijn toe te rekenen aan het jaar waarin de productie plaatsvindt. Het zijn de kosten voor materialen zoals gewasbeschermingsmiddelen, afleveringskosten, hagelverzekering en rente omlopend vermogen, d.w.z. de teeltkosten die gemaakt zijn voor de oogst. In een saldo worden in de regel geen arbeidskosten verrekend. De kosten voor de losse arbeid (ingehuurde arbeid) en de kosten na de oogst voor opslag, sorteren en transport vormen echter een groot deel van de kostprijs. Daarom wordt er bij fruitgewassen gerekend met het marginaal saldo. Het marginaal saldo is het saldo minus de kosten voor losse arbeid voor teelt, oogst en sorteren, de kosten voor transport en koeling en de rente omlopend vermogen na de oogst.

Van het marginaal saldo moeten nog alle vaste kosten die niet specifiek toe te rekenen zijn aan een bepaalde oogst worden betaald. Het betreft de kosten voor de grond, vaste arbeid (o.a. eigen arbeid ondernemer), kosten voor duurzame productiemiddelen (machines zoals trekkers en werktuigen, maar ook drainage, erfverharding, gebouwen, etc.) en afschrijvingskosten van de plantopstand. Met de aanname dat de vaste kosten, met uitzondering van de kap, gelijk blijven, zou met het verschil in marginaal saldo tussen een standaard teelt en de bedekte teelt (Beschermd Appelteelt systeem), de jaarkosten van de kap moeten worden gefinancierd. Kan dat niet, dan zijn de kosten van de kap te hoog om op een concurrerende wijze te kunnen worden ingezet.

In 2021 is met fruittelers en voorlichters gekeken naar de producties en de kosten voor het marginaal saldo voor beide teeltsystemen voor verschillende appelrassen. De opbrengsten zijn gebaseerd op de productie gewaardeerd tegen de begrotingsrichtprijzen van 2022 (Sluis, 2023). Deze prijzen zijn gebaseerd op de historische vijfjaarsgemiddelden. De kosten van de kap zijn geschat op basis van de kostenraming door fabrikant. Deze varieert tussen de 197.000 en 270.000 €/ha boomgaard, afhankelijk van grootte en uitvoering. Voor deze berekeningen is gekozen voor een investeringsbedrag van 250.000 €/ha boomgaard. Dit is niet het gemiddelde maar iets hoger, vanwege nog mogelijke kosten voor vervanging van het folie

gedurende de levensduur. Met een levensduur van 20 jaar komen de jaarlijkse kosten van de kap op 18.750 €/ha.

Tabel 15 geeft voor Elstar en het clubras Kanzi de marginale saldo berekeningen en een gevoeligheidsanalyse weer. Als een Elstar aanplant dezelfde productie met dezelfde kwaliteit, en dus middenprijs heeft onder de kap als in de open teelt, dan is het marginaal saldo per hectare onder de kap 1.500 € hoger, o.a. door besparing op gewasbeschermingsmiddelen en hagelverzekering. Dat is duidelijk onvoldoende om de jaarlijkse meerkosten van de kap van 18.750 €/ha terug te verdienen. Een hogere productie en betere kwaliteit, bijvoorbeeld door minder windschade, kan leiden tot een hoger marginaal saldo.

Tabel 15 Gevoeligheidsanalyse voor de kosten van een kap voor Elstar en Kanzi, bij 1 ha netto beteeld oppervlak.

	Productie (ton/ha)	Middenprijs (cent/kilo)	Verschil marginaal saldo t.o.v. standaard Elstar (€/ha)	-/- kosten kap (€/ha)
Elstar standaard	50	68	-	
Elstar cabriokap	50	68	1.500	-17.250
Elstar cabriokap	60	68	5.115	-13.635
Elstar cabriokap (20% meer productie en 20% meer kwaliteit)	60	81.6	20.652	+1.902
Elstar cabriokap	65	75	19.254	+504
Kanzi standaard	55	85*	12.843	-5.907
Kanzi cabriokap	66	85*	17.626	-1.124
Kanzi cabriokap	66	94**	22.901	+4.151

* Bij 75% onder merknaam Kanzi

** Bij 85% onder merknaam Kanzi

Samenvattend, voor clubrassen met over het algemeen hogere middenprijzen, lijkt de kap, wanneer deze daadwerkelijk leidt tot hogere producties en/of betere kwaliteit van de productie een mogelijke oplossingsrichting. Echter, bij de genoemde berekeningen is uitgegaan van één hectare netto beteeld oppervlak. Bij gebruik van de kap is er ruimte nodig voor een bassin om het regenwater op te vangen. Daarentegen zijn er geen windsingels nodig vanwege de zijwanden, maar is er wel ruimte nodig voor een landschappelijke inpassing van de kap. In het ontwikkelde prototype Beschermd Appelteelt zijn bovendien de twee buitenste rijen onder de kap niet benut met bomen maar voor bloemstroken.

5.6 Vervolg PPSen e.d.

De innovatieve wegvangtechniek voor appelbloesemkevers die in het kader van Beschermd Appelteelt ontwikkeld is, zal verder op praktijkniveau worden getest in de PPS "Systeemaanpak duurzame teelt voor de Fruitteelt van Morgen" (LWV20 320).

5.7 Perspectief voor teler en keten tijdshorizon 2030

De toetsperiode is te kort om nu al harde conclusies te trekken, daarvoor is meer tijd nodig. Bij voldoende perspectief zouden er meerdere praktijkpilots moeten worden opgezet om het Beschermd Appelteelt systeem onder verschillende omstandigheden te testen. De verwachting is dat dit 4 tot 6 jaar zal duren. Daarna (op zijn vroegst vanaf 2030) zou het systeem in de praktijk kunnen worden toegepast als deze praktijkpilots succesvol zijn. Waarschijnlijk gaat het dan om het kunnen toepassen van het teeltsysteem Beschermd Appel in (op)nieuw te planten boomgaarden, omdat de aanleg van cabriokap in de bestaande boomgaard tot aanzienlijke productieverliezen leidde.

Voor de toepassing van (cabrio)-kappen is een vergunning nodig. De verlening daarvan is afhankelijk van de lokale situatie. Het Fruitpact van Greenport Gelderland heeft in een nieuwe versie van de "handreiking teeltondersteunende voorzieningen" het gebruik van kappen opgenomen als een relevante teeltondersteunende voorziening voor de fruitteelt. Deze handreiking geeft richting vergunningsverleners het belang dat de fruitsector ziet van kappen, waaronder de cabriokap, als teeltondersteunende voorziening in de fruitteelt. Voor de vergunningverlening is het waarschijnlijk van belang om aandacht te besteden aan inpassing van in het landschap, bijvoorbeeld door het aanplanten of handhaven van hagen aan de buitenranden van de boomgaarden. Zulke aanplant en reeds aanwezige hagen kunnen ook bijdragen aan instandhouding of stimulering van biodiversiteit en bestuiverspopulaties.

6 Casus Aardbei

Casusteam: Kirsten Leiss, Johanna Bac-Molenaar, Sanae Mouden, Jan Jansen, Bert Evenhuis, Hessel van der Heide

6.1 Reden waarom de casus is geselecteerd binnen de Kennisimpuls

De productie van aardbei in Nederland neemt vooral onder glas sterk toe, bij de start van dit project in 2018 was aardbei onder glas het vierde gewas zowel qua oppervlakte als qua productie (CBS, 2018). Tijdens de looptijd van dit project is het areaal onder glas verder uitgebreid van ongeveer 400 ha in 2018 naar 444 ha in 2021. Het huidige teeltsysteem waarin de opkweek veelal buiten plaatsvindt, kent een aantal serieuze knelpunten: een hoog gebruik van gewasbeschermingsmiddelen waaronder middelen op basis van werkzame stoffen die in aanmerking komen voor vervanging (Candidates for substitution - Cfs), residuen van middelen op vruchten (mogelijke cocktaileffecten) en emissies van gewasbeschermingsmiddelen en meststoffen naar het milieu.

6.2 Beschrijving prototype en referentie

In de casus 'Herontwerp Aardbeien onder Glas' zijn we gekomen tot een prototype weerbaar teeltsysteem met vier basiselementen, waaraan gedurende de looptijd van het project drie extra verdedigingslijnes zijn toegevoegd. Keuzes voor de basiselementen zijn gebaseerd op de uitkomsten van een workshop waarin stakeholders uit de hele aardbeiketen participeerden (een zogenoemde denktank). Deze workshop is gehouden bij de start van het project. De extra verdedigingslijnes zijn later toegevoegd op basis van ervaringen met ziekten en plagen gedurende de teelt van aardbei volgens de vier basiselementen binnen dit project. Ontwikkeling van het prototype heeft plaats gevonden in Bleiswijk (WUR, BU Glastuinbouw) en is begonnen met experimentele proeven in 2019. De eerste teelt was in 2020.

Basiselement 1: Teelt uit zaad

Omdat traditionele aardbeirassen vermeerderd worden via stek starten de teelten niet schoon. Ziekten en/of plagen komen de kas binnen met het stek- of plantmateriaal. Het is daarom gangbaar om stekken schoon te spuiten voor levering. Ook worden niet alle ziekten en plagen gedood in de koude-bewaring, waardoor vaak wordt geadviseerd direct preventief te spuiten bij start van de teelt. Dit werkt voor de meeste ziekten- en plagen, maar niet voor *Phytophthora cactorum*. Als deze oömyceet eenmaal in de plant aanwezig is, werkt er geen enkel middel meer. Veel uitval in de teelt is te wijten aan *Phytophthora* infectie in de opkweek. De keuze om te werken met aardbeirassen uit zaad (F2 Hybriden) zorgt voor een schone start. In de toetsing van het prototype is zaad van het ras Delizzimo gebruikt.

Basiselement 2: Alle teeltfasen in de kas

In de referentie vinden stekproductie en productie plaats in de kas, maar de opkweek vindt plaats op het trayveld. Buiten op het trayveld is het moeilijk om preventief en/of curatief biologische bestrijders in te zetten. De temperaturen liggen namelijk vanaf september laag, sommige natuurlijke vijanden kunnen wegvliegen naar betere waardplanten, er wordt geïrrigeerd met tik-sproeiers waardoor vooral mijten kunnen worden weggespoeld. Daarnaast is *Phytophthora* het grootste probleem op de trayvelden. Hiervoor is nog geen "groene" bestrijding, dus preventie is de beste strategie. Onze keuze om ook de opkweek in de kas te laten plaatsvinden, zorgt ervoor dat het mogelijk is de teelttafels of teeltvloer jaarlijks te ontsmetten, waardoor *Phytophthora* geen terugkerend probleem hoeft te zijn. Ook zal eventuele *Phytophthora* die aanwezig is, minder kans krijgen omdat irrigatie d.m.v. eb-vloed mogelijk is. Verschillen in vochtigheid van het substraat tussen planten is minder bij eb-vloed irrigatie dan bij gebruik van tik-sproeiers. Door hygiëne

protocollen te volgen zal de ziekte- en plaagdruk ook lager zijn, gaas in de ramen kan hier ook bij helpen. Ook kan al in de opkweek gestart worden met de opbouw van populaties natuurlijke vijanden. Bij aanvang van het project (2018) werden in de aardbeiproductie onder glas op 57% van alle bedrijven biologische bestrijders uitgezet. In 2020 was dit op 98% van de bedrijven het geval. Bij opkweek op het trayveld is de inzet van biologische bestrijders nog steeds minimaal. In het prototype volgden we de volgende strategie:

- 1) Het preventief inzetten van biologische bestrijders en het preventief opbouwen van populaties bestrijders.
- 2) Vanaf de start wordt er wekelijks intensief gescout, hierdoor worden ziekten en plagen op tijd opgemerkt en kan de preventieve strategie worden aangepast of kunnen er zo nodig curatief biologische bestrijders worden ingezet.
- 3) Als er toch chemisch moet worden ingegrepen kiezen we, waar mogelijk, voor middelen die de biologische bestrijders zo min mogelijk hinderen en in elk geval geen CFS.

Basiselement 3: Teelt op steenwol

In de referentie gebruikt men in de opkweek een kokos-veen mengsel en in de productie alleen kokos of ook een kokos-veen mengsel. Omdat veen niet op korte termijn hernieuwbaar is past dit niet goed in een duurzaam teeltsysteem. Ook bij de duurzaamheid van kokos zijn vraagtekens te stellen, kokos moet immers over grote afstanden worden vervoerd en het zout moet eruit worden gespoeld. Daarom hebben we gekozen om in dit project te telen op steenwol. Een teelt van aardbei uit zaad in de kas gaat namelijk veel lijken op een teelt van andere vruchtgewassen, zoals tomaat, komkommer en paprika. Deze teelten staan in Nederland meestal op steenwol. Telers kunnen met steenwol in deze gewassen hogere opbrengsten halen dan op organische substraten vanwege de optimale stuurmogelijkheden op steenwol. In Nederland of nabije omgeving is genoeg basalt aanwezig voor de productie van steenwol, ook is hergebruik in Nederland goed geregeld (het wordt o.a. gebruikt in de wegenbouw). Wel kost de productie veel energie en komt er stikstof bij vrij. Momenteel is er op het vlak van groeimedia veel gaande in de sector, de discussie over welke groeimedia in 2030 zullen worden gebruikt is nog niet afgerond.

Basiselement 4: Robuuste rassen o.a. door verhogen plantweerbaarheid

De keuze van het ras heeft veel invloed op welke problemen met ziekten en/of plagen er verwacht kunnen worden. In het prototype zouden we idealiter kiezen voor rassen die (partieel) resistent zijn tegen de belangrijkste ziekten en plagen. In de praktijk is dit vaak moeilijk. Er zijn rassen beschikbaar die (partieel) resistent zijn tegen de twee belangrijkste ziekten, nl. *Phytophthora* en meeldauw, maar resistenties tegen plagen zijn niet bekend. Ook gaat resistentie niet altijd samen met een goede opbrengst en kwaliteit. Daarom willen we in ons prototype naast de keuze voor robuuste rassen, ook werken aan het verhogen van de plantweerbaarheid, dat wil zeggen het aanschakelen van de natuurlijke afweer van de plant. Het verhogen van de plantweerbaarheid is mogelijk in alle rassen en daarom breed toepasbaar. In ons prototype is dit extra belangrijk omdat we gekozen hebben voor teelt uit zaad. De ras keuze hierin is vooralsnog beperkt.

Extra verdedigingslinie 1: UV-C toepassing tegen meeldauw

Meeldauw bleek een hardnekkig probleem tijdens het testen van het prototype (zie paragraaf 6.3.2). Hoewel er verscheidene laag-risico middelen op de markt zijn, zorgt veelvuldig spuiten voor een slechte vestiging van de biologische bestrijders. Naast het gebruik van plantweerbaarheid verhogende stoffen (elicitors), hebben we onderzoek gedaan naar het bestrijden van meeldauw met fysische maatregelen. Zowel het tweemaal daags beregenen van het gewas, als het gebruik van UV-C, kon de meeldauw voor lange tijd onder controle houden. Omdat UV-C beter lijkt te combineren met biologische bestrijding en arbeid, is gekozen om UV-C als extra verdedigingslinie toe te voegen.

Extra verdedigingslinie 2: Versterken vestiging biologische bestrijders door bankerplanten en bijvoeren

Ook Californische trips zorgden tijdens het eerste testen van het prototype voor problemen (zie paragraaf 6.3.2). Hoewel er preventief roofmijten werden ingezet, zorgden hoge trips dichtheden soms voor een slechte kwaliteit van de vruchten en miszetting. Daarom hebben we gewerkt aan het verbeteren van de vestiging van biologische bestrijders van trips, nl. de generalist *Orius laevigatus* en de roofmijt *Amblydromalus limonicus*. In andere teelten is gebleken dat vroege vestiging van de generalist *O. laevigatus* trips problemen kan voorkomen. *O. laevigatus* wil niet vestigen in traditionele aardbeiteelten, waarschijnlijk veroorzaakt door een combinatie van lage temperaturen en te weinig voedsel (stuifmeel) bij lage trips dichtheden. Daarom hebben we gekozen voor het introduceren van bankerplanten als een extra

verdedigingslinie. Deze bankerplanten leveren schuilplekken, zacht weefsel voor eileg en stuifmeel, alle drie nodig voor de vestiging (overleving en reproductie) van *O. laevigatus*. Daarnaast hebben we gewerkt aan een permanente vestiging van *A. limonicus*. Dit is een roofmijt die bij lagere temperaturen zich kan handhaven en zelfs vestigen en die zowel wittevlies als Californische trips aanpakt. Hoewel we tijdens het testen van het prototype geen last hebben gehad van wittevlies, is dit in de praktijk wel een groot probleem. Daarom is permanente vestiging extra voordelig. Testen lieten zien dat er grote aantallen *O. laevigatus* in de bankerplanten worden gevonden en dat *O. laevigatus* ook in de aardbeibloemen wordt teruggevonden. Ook *A. limonicus* kan zich permanent vestigen als deze wordt bijgevoerd met garnalen eitjes (HQ - High Quality Artemia).

Extra verdedigingslinie 3: Versterken ondergrondse weerbaarheid

Uit andere aardbeiproeven op onze locatie blijkt dat ondanks ontsmetten van de kas, *Phytophthora* toch in de teelt kan komen, net als *Neopestalotiopsis clavispora*, een pathogeen dat vaak samen met *Phytophthora* wordt gevonden op het trayveld. Ook tijdens onze test van het prototype was dit in 2022 het geval. Aanwezigheid van *Phytophthora* heeft niet geleid tot grote plantuitval, maar kan de opbrengst drukken. Daarom hebben we ook gewerkt aan het versterken van de ondergrondse weerbaarheid door het toevoegen van micro-organismen. Zowel *Rhizofagus irregularis*, als *Trichoderma asperellum* T34 kunnen goed vestigen in steenwol. Echter de positieve impact daarvan tegen ondergrondse ziekten hebben we tijdens dit project helaas niet systematisch kunnen aantonen.

Referentieteelt

Als referentie hebben we het meest voorkomende teelttype in de aardbeiteelt onder bedekking gekozen: de doorteelt op kokos. Dit is een teelt met junidragers (korte dag-rassen) die na de opkweek 6 tot 9 maanden zijn bewaard bij lage temperaturen. Deze planten produceren in twee pieken, 1 piek in de herfst en 1 piek in het voorjaar. Opkweek van de planten gebeurt op trayvelden buiten. Stekproductie vindt plaats in tunnels of onder glas (hangend stek).

6.3 Teeltresultaten over de toetsjaren

6.3.1 Resultaten ziekten

In de teelt van aardbei zijn er drie belangrijke ziekten: *Phytophthora* (*Phytophthora cactorum*, soms co-infectie met *Neopestalotiopsis clavispora*), echte meeldauw (*Podosphaera aphanis*) en vruchtrot (*Botrytis cinerea*, soms ook veroorzaakt door *Mucor spp.*). Verder is *Diplocarpon earlianum* tijdens het toetsen van het prototype gedetecteerd. De resultaten ten aanzien van deze drie ziekten zijn hieronder beschreven.

Phytophthora

In 2018/2019 hebben we enkele voortoetsen gedaan om elementen van het weerbare teeltsysteem te onderzoeken. Er is toen gekeken naar de vestiging van micro-organismen in steenwol en hun effect op de weerbaarheid tegen *Phytophthora*. Er is toen gebleken dat *Rhizofagus spp.* in steenwol goed konden vestigen. Er was weinig uitval door *Phytophthora*, terwijl er wel bruinverkleuring van de rhizomen te zien was. Resultaten waren te variabel om een conclusie te trekken over substraatweerbaarheid. In toetsjaar 2020 is daarom een deel van de planten geïnoculeerd met *Rhizofagus irregularis*. Deze hebben we tot het einde van de proef terug kunnen vinden. We hebben dat jaar en in toetsjaar 2021 geen uitval gezien. In 2022 zagen we wel enkele planten waarvan een neus (rhizoom) verwelkte, dit bleek *Phytophthora cactorum* te zijn. Aan het einde van de proef hebben we planten doorgesneden en bleek meer dan 80% in meer of mindere mate aangetast te zijn met *Phytophthora*. Of deze latente infectie een negatieve invloed gehad heeft op de opbrengst kunnen we niet vaststellen. In ons proefbedrijf werken we met hygiëne protocollen, maar dit is blijkbaar niet voldoende geweest om *Phytophthora* te voorkomen.

Meeldauw

Tijdens het toetsen van ons prototype bleek dat een schone start voor de beheersing van meeldauw goed werkt. Bij teelten uit stek is meeldauw vaak al op de stekken en de trayplanten aanwezig en moet daarom vanaf dag 1 worden bestreden. Tijdens het testen van ons prototype bleek in alle drie jaren dat meeldauw pas een probleem wordt als de temperaturen toenemen en de ramen vaker opengaan. Tijdens de opkweek

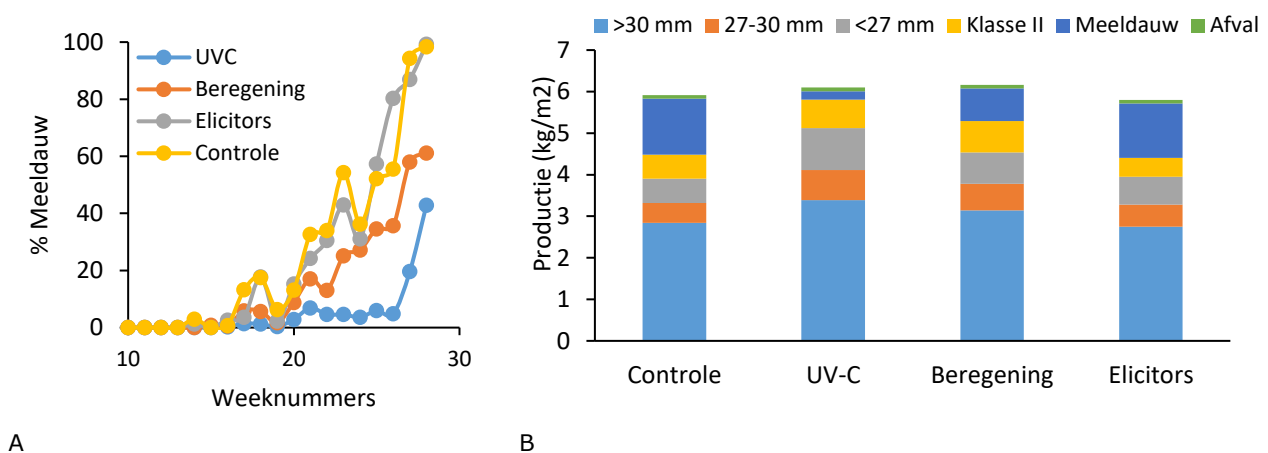
hebben we geen last gehad van meeldauw, waarschijnlijk ook dankzij de keuze voor een minder gevoelig ras. Tijdens het eerste toetsjaar (2020) bleek dat als meeldauw eenmaal in de kas aanwezig is, deze telkens terug komt, ook als er chemisch wordt ingegrepen. Daarom hebben we in 2021 verschillende strategieën om meeldauw te bestrijden getoetst. Het bleek dat een behandeling met UV-C de meeldauw op blad en vruchten heel lang op een aanvaardbaar niveau kan houden, ondanks grote sporendruk vanuit onze controle velden (Figuur 31). Ook het tweemaal daags beregenen van het gewas verminderde de opbrengstderving door meeldauw, maar bij de hoge meeldauwdruk in de kas, was dit niet genoeg. Daarnaast is er een schema getest van 3-wekelijks spuiten van middelen zonder MRL (Maximum Residue Level) zoals elicitor-werking of zout als actieve stof. Meeldauw op de bladeren wordt hierdoor onderdrukt, maar dit heeft weinig invloed op meeldauw op de vruchten. Op basis hiervan is in 2022 vanaf de productie het gewas meerdere malen per week behandeld met UV-C. Al snel werd meeldauw in de kas waargenomen, en ook verhoging van het aantal behandelingen per week gaf niet genoeg onderdrukking. In mei werd ontdekt dat de rijpsnelheid niet goed was ingesteld en de gegeven dosis per behandeling dit jaar lager was dan in 2021. Dit is toen hersteld, maar omdat de meeldauw overal in de kas aanwezig was, is de meeldauwdruk op vruchten niet meer op een aanvaardbaar niveau gekomen, ondanks enkele malen chemisch corrigeren met vooral kaliumzout. UV-C lijkt dus een veelbelovende methode om meeldauw te onderdrukken, maar preventief starten is van essentieel belang, zodat de druk nooit te veel kan oplopen.

Vruchtrot

Telen in een kas betekent dat het klimaat goed te sturen is, in tegenstelling tot teelt in de vollegrond of op stellingen. Periodes met hoge luchtvochtigheid kunnen daardoor worden voorkomen. Vruchtrot door *Botrytis cinerea* hebben we daarom in onze toetsen niet gezien. Ook de kwaliteit en de bewaarbaarheid van het fruit was goed, behalve in de zomer, wanneer de etmaaltemperaturen oplopen. Het fruit wordt dan zachter, waardoor het eerder aangetast wordt en bewaarschimmels eerder een kans krijgen.

Diplocarpon

Tijdens de opkweek was er in alle toetsjaren een bladplekkenziekte aanwezig. Met PCR is aangetoond dat het ging om *Diplocarpon earliana*. Deze ziekte komt niet veel voor in aardbei. We denken dat dit een ras-specifiek probleem is, wat met verandering van raskeuze kan worden opgelost. De ziekte zorgt alleen voor slecht blad, verder is de impact relatief klein. Na overzetten van de planten naar de productiekas verdween de ziekte vanzelf. Waarschijnlijk zijn vooral jonge planten hier gevoelig voor.



Figuur 31 Percentage meeldauw geïnfecteerde planten tijdens de productieteelt 2021 (A) en de hoeveelheid vruchten geproduceerd met en zonder meeldauw (B).

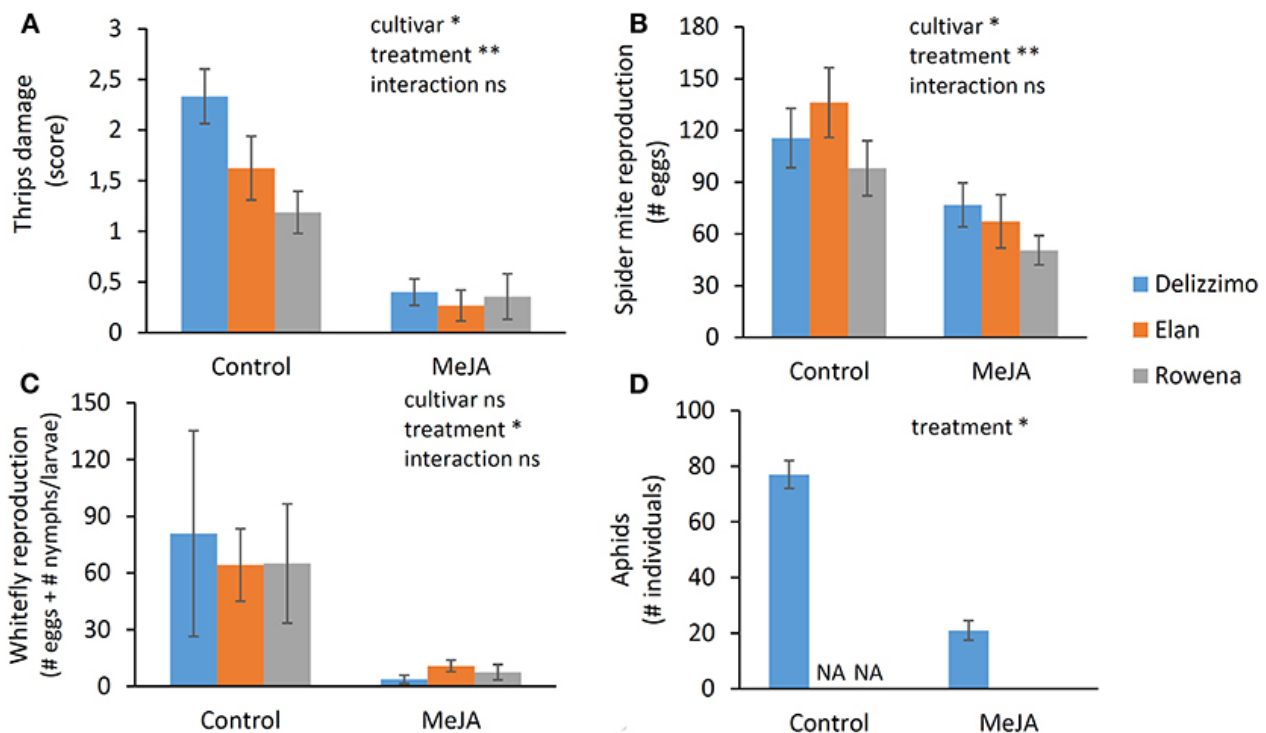
6.3.2 Resultaten plagen

De vier meest voorkomende plagen in aardbeien zijn: trips, luis, witte vlieg en spint. Alle vier deze plagen zijn ook tijdens het testen van het prototype waargenomen, maar niet allemaal hebben ze tot problemen geleid. Daarnaast hebben we ook echinotrips (*Echinothrips americanus*) en rupsen van de Turkse mot

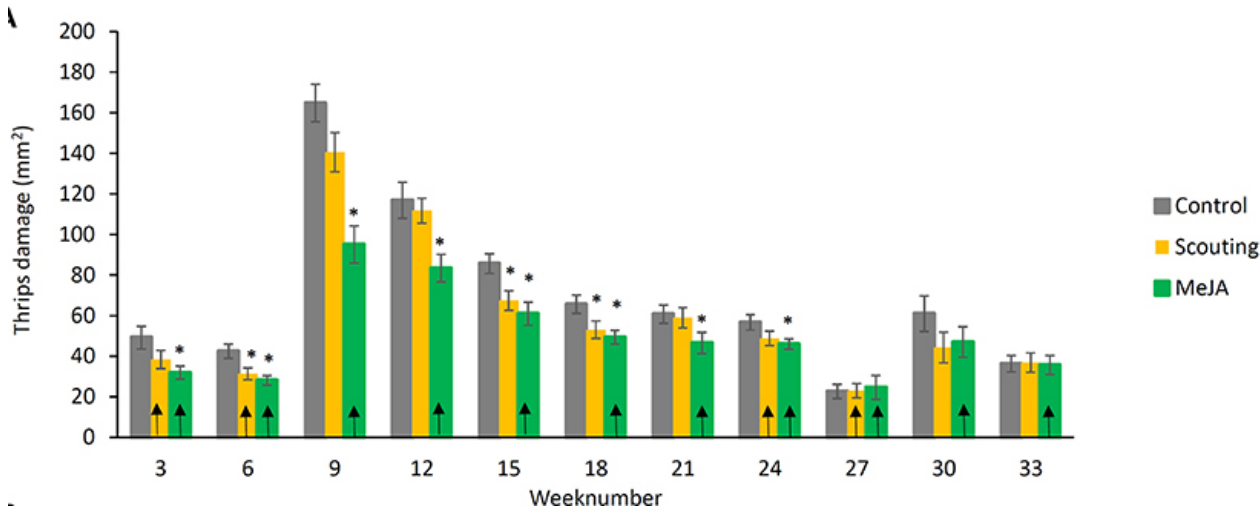
(*Chrysodeixis chalcites*) waargenomen. Onze eerste aanpak van de plagen is het verhogen van de plantweerbaarheid. Dit vloeit voort uit het vierde basiselement 'Robuuste rassen o.a. door verhogen plantweerbaarheid'. Resultaten ten aanzien van plantweerbaarheid zullen we hieronder eerst bespreken, daarna zullen we per plaag onze verdere aanpak en resultaten beschrijven.

Verhogen plantweerbaarheid tegen plagen

Voor het testen van het prototype zijn we in 2018/2019 gestart met onderzoek naar het verhogen van de plantweerbaarheid tegen plagen. In onze experimentele opzet hebben we laten zien dat het planthormoon jasmonzuur de plantweerbaarheid kan verhogen tegen de vier belangrijkste plagen, namelijk Californische trips, luis, witte vlieg en spint in de verschillende aardbeirassen (Figuur 32). Daarnaast hebben we diverse andere methoden om de plantweerbaarheid te verhogen getest, namelijk het regelmatig zacht aanraken van de plant (aaien), UV-B, chitosan, extra rood licht. Hoewel dit allemaal methoden waren die in de literatuur in aardbei of andere gewassen zorgden voor een verhoging van de plantweerbaarheid tegen plagen, konden we in onze proeven geen positief effect op de plantweerbaarheid tegen plagen aantonen. Daarom hebben we tijdens het testen van ons prototype gewerkt met het planthormoon jasmonzuur. Als jasmonzuur driewekelijks wordt toegepast, dan zorgt dit voor een verhoging van de plantweerbaarheid tegen trips gedurende het grootste deel van de teelt-cyclus, zowel in jonge planten (opkweek), als in planten in de productie met hoge dan wel lage plantbelasting (Figuur 33). Alleen aan het einde van de teelt was de verhoging van de plantweerbaarheid niet meer significant, dit kan komen door de leeftijd van de planten, maar meer waarschijnlijk heeft dit te maken met de aanwezigheid van meeldauw en plaaginsecten in de teelt, waardoor ook bij planten die geen jasmonzuur hadden ontvangen de plantafweer was geactiveerd. Toediening van jasmonzuur leidde tijdens het testen van het prototype niet tot vermindering van de opbrengst of verminderde kwaliteit van de vruchten.



Figuur 32 Verhoging van de plantweerbaarheid tegen de vier meest voorkomende plagen in aardbei, namelijk Californische trips, luis, wittevlieg en spint door toediening van methyl-jasmonaat (MeJA, 1 mM) in drie verschillende aardbeirassen. Data zijn gemiddelden met standaardfout met * $p < 0,05$ en ** $p < 0,01$. Bron: Mouden et al., (2021).

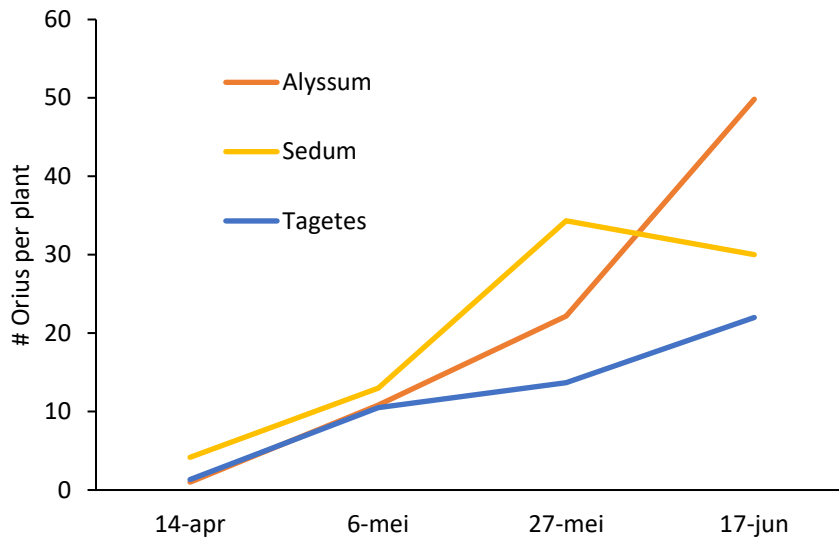


Figuur 33 Driewekelijkse toediening van methyl-jasmonaat (MeJA, 1 mM) resulteert in langdurige verhoging van de plantweerbaarheid tegen trips in aardbei. Data zijn gemiddelden met standaardfout met * ($p < 0,05$). Bron: Mouden et al. (2021).

Trips

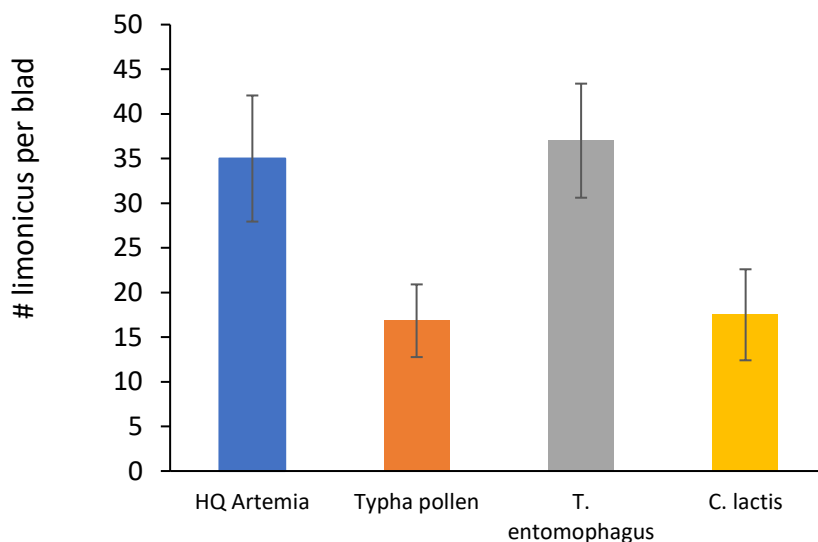
Bij de eerste en tweede toets van het prototype (2020 en 2021) werd de Californische trips al waargenomen in de eerste weken van de opkweek. Dit insect was gedurende de hele teelt aanwezig in de kas. Verhoogde plantweerbaarheid samen met preventieve en curatieve inzet van biologische bestrijders kon de trips in 2020 op een aanvaardbaar niveau houden tot het einde van de teelt. In 2021 konden we de trips helaas niet tot aanvaardbare niveaus terugbrengen door extra inzet van biologische bestrijders. Chemisch ingrijpen tegen trips zagen we niet echt als een optie, omdat dit alle biologische bestrijders negatief beïnvloedt. Populatie-opbouw van bestrijders kost tijd, terwijl trips in de zomer heel snel vermenigvuldigen. Dat jaar hebben we besloten om half juli al te stoppen met telen in plaats half augustus zoals in 2020. Dit niet alleen vanwege de hoge trips druk, maar ook vanwege de hoge meeldauwdruk in de controle velden (Figuur 31B). In 2021 hadden we een tweede zaadras in de randrijen meegenomen, welke relatief gevoelig voor meeldauw bleek. Om te voorkomen dat ook in 2022 trips een probleem zou worden, hebben we onze aanpak veranderd.

In 2022 zijn we gaan werken met bankerplanten om de vestiging van de trips bestrijder *Orius laevigatus* te stimuleren. Deze roofwants wordt in de aardbeiteelt ingezet bij grote trips druk. Hij doet dan enkele weken zijn werk, maar is daarna niet meer terug te vinden in het gewas. Dit is ook in dit project waargenomen in 2020 en 2021. Na het uitzetten van *Orius* is hij moeilijk terug te vinden in het gewas, zelfs in de zomer bij hoge temperaturen. Om *Orius* preventief te gebruiken moet hij zich in afwezigheid van trips vestigen in de kas. Dit is mogelijk, omdat deze roofwants ook kan overleven en reproduceren door het consumeren van stuifmeel of Artemia (product van garnalenskeletten). Voor de vestiging hebben we vier soorten bankerplanten in de kas gezet: Allyssum (*Lobularia maritima*), Wit vetkruid (*Sedum album*), Vetkruid (*Sedum glaucophyllum*) en Tagetes (*Tagetes patula*). Voor versnelde vestiging werd ook Artemia (High Quality) op de Sedum-planten gestrooid. Deze planten vormen pas later bloemen, maar hebben zacht weefsel dat ideaal zou zijn voor eileg. Vetkruid viel al snel af, omdat hier nauwelijks *Orius* op terug te vinden was. Op de andere bankerplanten werden over de loop van de tijd steeds meer *Orius* gevonden, zowel volwassenen als nymfen (Figuur 34). Ook werd *Orius* gedurende de teelt steeds vaker in de bloemen gevonden. Dit bevestigt dat het mogelijk is om *Orius laevigatus* in een aardbeiteelt te laten vestigen. In vervolgonderzoek adviseren we om ook te focussen op het eerder bereiken van hoge aantallen *Orius* in de bankerplanten/kas, dus in de periode met minder daglicht.



Figuur 34 Aantallen over de tijd van *Orius leavigatus* in drie soorten bankerplanten: *Alyssum* (*Lobularia maritima*), Wit vetkruid (*Sedum album*), en *Tagetes* (*Tagetes patula*).

Naast het werken met bankerplanten hebben we in 2022 ook ingezet op het laten vestigen van de roofmijt *Amblydromalus limonicus*. Deze roofmijt is een goede bestrijder van Californische trips en ook van wittevlies. Het is mogelijk deze roofmijt preventief in de kas te laten vestigen in afwezigheid van trips of wittevlies, door middel van bijvoeren. In dit project hebben we vier voertypes getoetst, zowel in een bakjesproef als tijdens de opkweek van onze aardbeien, namelijk HQ Artemia, Typha pollen en twee voermijten (*Thyreophagus entomophagus*, en *Carpoglyphus lactis*). De resultaten van beide proeven kwamen overeen: *Limonicus* vestigt het beste als hij wordt bijgevoerd met HQ Artemia of de voermijt *T. entomophagus* (Figuur 35). Op basis hiervan hebben we besloten om tijdens de productie bij te voeren met HQ Artemia om dat deze universeler voor verschillende bestrijders inzetbaar is. *Limonicus* is tijdens de opkweek 2x ingezet en daarna wekelijks bijgevoerd. Tot het einde van de teelt is *Limonicus* in grote aantallen op de planten gevonden.



Figuur 35 Uitkomsten toets voertypes *A. limonicus*. Aantallen *A. limonicus* per blad per voertype: High Quality Artemia, Typha pollen, *Thyreophagus entomophagus* (voermijt), *Carpoglyphus lactis* (voermijt). Data zijn gemiddelden met standaardfout.

In 2022 hebben we geen problemen gehad met Californische trips, hoewel ook in deze teelt de eerste trips al in de eerste weken van de opkweek werden waargenomen. Dit zijn veelbelovende resultaten, die we hopelijk in vervolgonderzoek kunnen bevestigen.

Telers hebben vooral last van Californische trips (*Frankliniella occidentalis*). Tijdens het toetsen van het prototype is ook echinotrips (*Echinothrips americanus*) gedetecteerd. Voor echinotrips is nooit ingegrepen, omdat deze vooral schade veroorzaakt op de bladeren en de vruchten met rust laat. De bladshade zou potentieel kunnen leiden tot een lagere opbrengst door verminderde fotosynthesecapaciteit, maar dit hebben we in dit project niet kunnen vaststellen.

Luis

In aardbei kunnen zich heel veel verschillende luizensoorten vestigen. Wij hebben in de verschillende jaren ook verschillende luizen in de kas gehad, soms meerdere luizensoorten tegelijk. Niet elke luizensoort kan even goed geparasiteerd worden door sluipwespen. We hebben daarom telkens een mix van bestrijders uitgezet. Hierdoor liep de druk niet extreem op en hebben we chemisch ingrijpen kunnen voorkomen. De hoeveelheid luis die we in de kas hebben getolereerd was echter op sommige momenten hoger dan de praktijk aanvaardbaar vindt.

Wittevlieg

Veel Nederlandse aardbeitelers hebben de laatste jaren last van wittevlieg. Dit insect komt voor op de trayvelden, maar geeft vooral problemen tijdens de productie. Tijdens het toetsen van het prototype hebben we elk jaar wittevlieg in de kas waargenomen, maar altijd in kleine aantallen. De roofmijt *A. limonicus* die in 2022 hebben laten vestigen in de kas, predeert ook op eieren en larven van zowel de kaswittevlieg als tabakswittevlieg. Dit vormt daarom ook een extra verdedigingslinie voor wittevlieg.

Spint

Spint is in alle toetsjaren beperkt in de kas gevonden tijdens de productie. Dat we geen spint hebben gevonden in de opkweek heeft waarschijnlijk te maken met onze schone start. Inzet van de roofmijten *Phytoseiulus persimilis* en *A. Limonicus* bleken voldoende voor effectieve bestrijding.

Rupsen

In 2020 hadden we last van rupsen in de kas, deze bleken van de Turkse mot te zijn. Hiervoor zijn geen biologische bestrijders op de markt. Wel zijn er verschillende middelen op basis van *Bacillus thuringensis*. Deze werken heel effectief op kleine rupsen. We hebben daarom tijdig ingegrepen met het middel Turex.

Productie

In Tabel 16 zijn voor de drie teeltjaren de start en het einde van de teeltperiode en enkele klimaatgegevens weergegeven.

Tabel 16 Voor de teeltjaren 2020 t/m 2022 is achtereenvolgens de start van de productieteelt, het einde van de productieteelt, de gemiddeld gerealiseerde etmaaltemperatuur, de gemiddeld gemeten PAR-lichtsom per dag en het gemiddeld gerealiseerde CO₂-gehalte weergegeven.

Teeltjaar	Start teelt	Einde teelt	Etmaal-temperatuur (°C)	Lichtsom (mol PAR/m ² /dag)	CO ₂ (ppm)
2020	2 maart	17 augustus	19,4	21,1	510
2021	12 februari	15 juli ^{*)}	18,6	21,5	476
2022	21 februari	15 augustus	19,4	19,8	485

* Teelt is eerder beëindigd i.v.m. ernstige meeldauw- en trips aantasting.

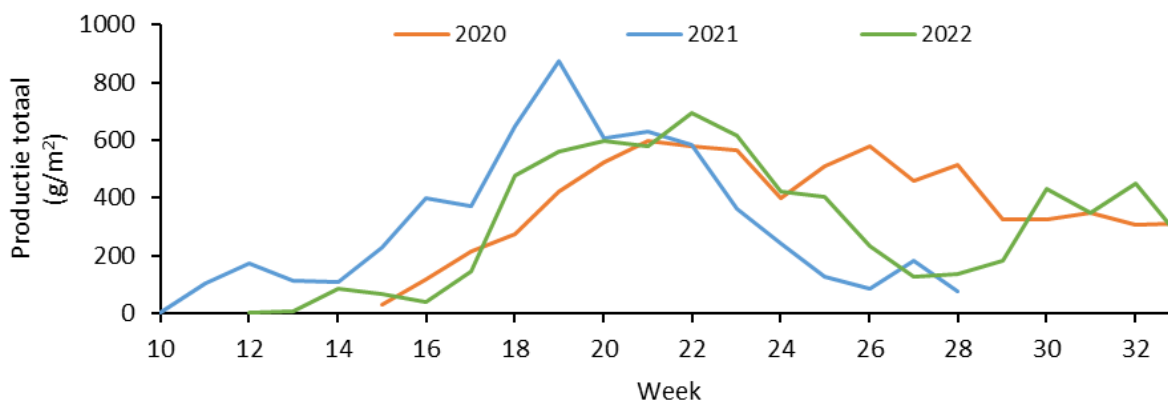
In de verschillende teeltjaren varieerde de gemiddelde etmaaltemperatuur van 18,6 tot 19,4°C, de gemiddelde hoeveelheid PAR-licht per dag van 19,8 tot 21,5 mol/m² en lag de gemiddelde CO₂-concentratie in de kaslucht rond de 500 ppm.

De gerealiseerde producties van de alle behandelingen (prototype en controle) zijn weergegeven in Tabel 17. Deze producties werden steeds gerealiseerd bij een plantdichtheid van 4,5 plant/m² (5 planten/m¹).

Tabel 17 De productie aan klasse 1-vruchten en de totaalproductie gemiddeld over alle behandelingen (prototype en controle) in de teeltjaren 2020, 2021 en 2022.

Teeltjaar	Productieklasse 1 (kg/m ²)	Totaalproductie (kg/m ²)
2020	7,20	7,77
2021	4,38	6,00
2022	5,84	7,37

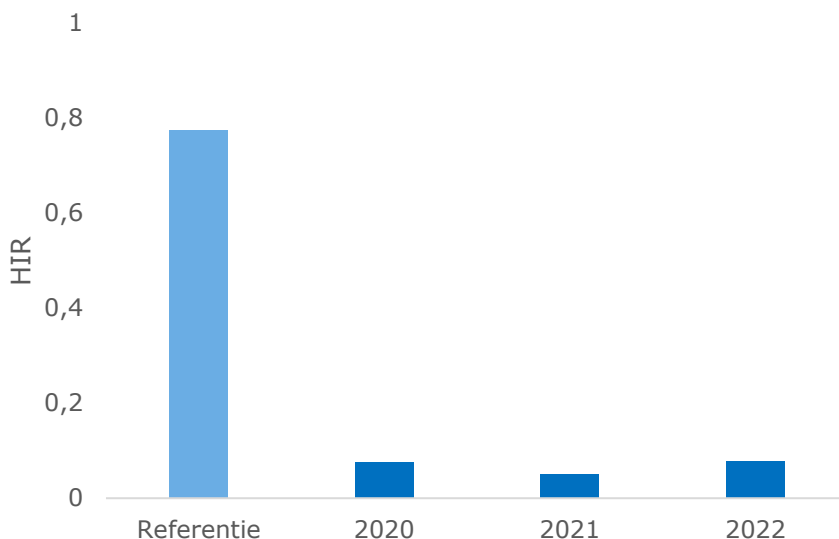
In het eerste teeltjaar was de productie het hoogst (Figuur 36). In 2021 moest er eerder worden gestopt i.v.m. een ernstige trips- en meeldauwaantasting, wat de productie heeft gedrukt. Er was in dat jaar ook een groot verschil tussen de productie van klasse 1-vruchten en de totaalproductie. Dit werd veroorzaakt door veel klasse 2-vruchten als gevolg van trips schade. Daarnaast waren er veel vruchten aangetast door meeldauw, omdat er bij de controlebehandeling niet werd behandeld tegen meeldauw, bijv. met UV-C. In het algemeen waren de productieverschillen tussen de behandelingen gering. In 2021 ontstond er een duidelijke piek in productie, terwijl de productie in 2020 het meest stabiel verliep.



Figuur 36 Het wekelijkse verloop van de totale productie in de teeltjaren 2020, 2021 en 2022.

6.4 Impact op milieu

Het prototype weerbare teelt aardbei heeft een forse impact op de reductie van de milieubelasting (Figuur 37). De Harmonised Risk Indicator (HRI/ha) is een factor 10 kleiner dan de referentie (CBS 2016, aardbei onder glas) met een HRI van 0,7738. De index van de teelt in 2020 was 0,076 en laat een nog verdere verlaging naar 0,050 in 2021 zien, waarna die in 2022 terugloopt naar 0,077. Het jaar 2019 is niet meegenomen omdat het toen een volledig experimentele proefopzet was.



Figuur 37 Harmonised Risk Indicator (HRI) van de referentie (CBS 2016, aardbei onder glas) en de weerbare aardbeiteelten 2020, 2021 en 2022.

In tegenstelling tot de referentie zijn geen middelen in de hogere risicogroepen 3 (CfS) en 4 gebruikt in de weerbare aardbeiteelten (Tabel 18).

Tabel 18 Actieve stoffen (t/ha) gewogen naar risicogroep.

Risicogroep met weeg factor	Referentie	2020	2021	2022
1 (x 1)	0	0	0	0
2 (x 8)	0,0735	0,0095	0,0064	0,0096
3 (x 16)	0,0028	0	0	0
4 (x 64)	0,0022	0	0	0

In de HRI worden biologische producten als ook producten met een fysieke werking, zoals kaliumzout net zo tot risicogroep 2 gerekend als de gebruikte actieve toxische stoffen bupirimaat, flubendiamide en trifloxystrobin. In 2020 hebben we voor de hele teelt één bespuiting met *Bacillus thuringiensis*, één met bupirimaat en drie met kaliumzout gebruikt, in 2022 was dit één bespuiting met bupirimaat en drie met kaliumzout. Omdat het laatste in grotere hoeveelheden wordt toegepast is hierdoor de HRI voor deze jaren iets hoger dan die van 2021. Hoewel het aantal bespuitingen in 2021 gelijk was met andere jaren is er maar één keer kaliumzout gebruikt en voor de rest zijn toxische actieve stoffen ingezet. De impact van biologische bestrijders wordt in de HRI niet meegenomen. Ook konden de elicitors niet mee worden gerekend, maar met een hoeveelheid van 0,7 kg/ha per jaar, tegenover 23,6 kg/ha werkzame stof van de referentie is de impact naar verwachting gering.

In alle drie teelten is niet alleen zonder CfS geteeld, maar was het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen beperkt tot een minimum met vijf behandelingen in 2020 en 2021, en vier behandelingen in 2022. In 2020 hadden we nog geen UV-C machine ter bestrijding van meeldauw tot onze beschikking en zijn, behalve een bespuiting tegen rupsen, alle resterende behandelingen tegen meeldauw ingezet. In 2021 en 2022 is niet tegen plagen gespoten en waren alle behandelingen tegen meeldauw gericht. In 2021 is een tweede zaad aardbeienras in de randrijen meegenomen, welke relatief gevoelig voor meeldauw bleek. Door de verhoogde meeldauwdruk hebben wij twee meeldauwbespuitingen alleen in deze randrijen en drie in de hele kas uitgevoerd. Problemen met meeldauw in 2022 zijn ontstaan na onderhoud van de UV-C machine waardoor de machine na een reset teruggedaan was op de basisinstellingen. Daardoor klopte de rijnsnelheid niet meer. Na chemische behandeling en bijstelling van de machine bleef de meeldauw redelijk onder controle, maar leidde tot een verhoogd aantal door meeldauw afgekeurde vruchten.

We hebben laten zien dat ons weerbaar aardbeiteeltsysteem niet alleen het telen zonder CfS mogelijk maakt, maar het telen met een sterke reductie aan pesticiden gebruik en potentieel zelfs een geheel pesticiden vrije teelt mogelijk is.

6.5 Impact op economie

Terwijl het eerste prototype teelt in 2020 een verlies van 51,66 €/m² in vergelijking met de referentie opleverde (Tabel 19) laat de teelt in 2021 met een relatief klein verlies van 0,37 €/m² zien dat ons prototype potentieel economisch levensvatbaar is. In 2022 komen we met 3,09 €/m² wel duurder uit door meer inzet van biologische controle. Het eerste jaar, 2019, is niet meegenomen omdat het een volledig experimentele proefopzet was.

Tabel 19 Kosten (€/m²) prototype weerbaar aardbeiteeltsysteem relatief tot de referentie (-: duurder en +: goedkoper dan de referentie).

Kosten	2020	2021	2022
Planten opkweek	-0,30	-0,30	-0,50
Kas afschrijving	0	0	0
Substraat	+1,00	+1,00	+1,00
UV-C machine	-0,20	-0,20	-0,20
Gewasbeschermingsmiddelen totaal	-52,16	-0,13	-3,39
Chemisch	0,07	0,06	0,04
Biologisch* preventief	29,81	2,00	4,54
Biologisch curatief	24,48	0	1,00
Elicitoren	0,006	0,006	0,006
Totaal	-51,66	-0,37	-3,09

* Biologisch refereert aan de inzet van predatoren en parasitoiden.

De kosten die in ons teeltsysteem hoger zijn omvatten de planten opkweek, inzet van een UV-C machine voor beheersing meeldauw en de inzet gewasbeschermingsmiddelen. Daarentegen besparen wij kosten door het gebruik van steenwol, welke recyclebaar is en daardoor een meerwaarde creëert. De opkweek van de zaailingen in ons systeem vindt plaats in winter/voorjaar. Hiervoor is belichting nodig wat dit systeem, ondanks het feit dat in het stekstelsel een koude bewaring van 6 tot 9 maanden nodig is, meer energie vergt. De sterk gestegen energiekosten in 2022 verklaren dan ook de hogere kosten voor planten- opkweek in dat jaar.

Chemische gewasbeschermingsmiddelen zijn een klein gedeelte van alle gewasbeschermings-behandelingen. De kosten hiervoor zijn van 2020 tot 2022 van 0,07 tot 0,04 €/m² afgenomen. De grootste kostenpost vormt de preventieve inzet van biologische bestrijders. In 2020 is dit experimenteel benaderd met hoeveelheden die boven de van de producenten geadviseerde dichtheden lagen, wat de hoge kosten in dit jaar verklaart. Dit is in de jaren 2021 en 2022 aangepast en zijn de kosten hiervoor fors omlaaggegaan. In 2021 hebben we de productie door een relatief hoge trips en meeldauw druk voortijdig beëindigd zodat hier in tegenstelling tot 2020 en 2022 geen curatieve inzet van biologische bestrijders nodig was. Daardoor waren de kosten voor gewasbescherming in 2021 relatief laag. In 2022 hebben we bankerplanten gebruikt en met HQ Artemia bijgevoerd voor een betere vestiging van de biologische bestrijders wat tot een verhoging van de preventieve inzet van biologie heeft geleid. HQ Artemia is nu nog relatief duur (25% meerkosten) in vergelijking met bijvoeren van roofmijten maar is universeler voor verschillende bestrijders inzetbaar. De hoge dichtheden van curatieve bestrijders gebruikt in 2020 is in 2022 aangepast, waardoor de kosten voor curatieve bestrijders fors omlaag zijn gegaan.

We hebben in onze analyse geen baten opgenomen omdat we vanuit zaadrassen werken welke via opbrengst en kwaliteit nog volop in ontwikkeling zijn. De gemiddelde opbrengst van een stekproductie van april tot augustus is 9 kg/m². Wij hebben opbrengsten van 6 tot 8/m² gerealiseerd. Het nu gebruikte zaad ras heeft een hoge kwaliteit en wordt tegenwoordig voor restaurants als een nichemarkt geproduceerd, waarvoor een

hogere prijs gevraagd kan worden. Verbetering van het financiële rendement van het weerbare teeltsysteem aardbei zal dan ook hoofdzakelijk bereikt worden door een verhoging van de opbrengst en/of de kwaliteit. Dit vraagt om een verbetering van de nu bestaande zaadrassen en uitbreiding van het sortiment en een optimalisatie van de teelt op steenwol. Daarnaast is de keuze wanneer de aardbei op de markt zou worden aangeboden belangrijk: productie in de zomer vraagt minder energie, maar de productprijs is lager dan bij productie in de winter met meer energie maar hogere prijzen. Gezien de hoge energieprijzen is het laatste nu onwenselijk.

We hebben met ons prototype laten zien dat een sterke reductie van pesticiden mogelijk is en potentieel zelfs een geheel pesticide vrije teelt. Helaas wordt deze positieve bijdrage aan gezondheid en milieu nog niet in economische rekenmodellen meegenomen.

6.6 Vervolg PPSen e.d.

Bij begin van ons prototype in 2018 was het doel op langere termijn (>2030) een weerbaar teeltsysteem aardbei te ontwikkelen. Maar de aardbeisector wilde ook op kortere tijd (< 5 jaar) stappen kunnen zetten om de afhankelijkheid van chemische gewasbeschermingsmiddelen te verminderen. Daarom was het nodig ook aandacht te besteden aan teelt vanuit stek op verschillende substraten, en zowel bedekt als onbedekt want dit is de praktijk van nu en de middellange termijn. Hiervoor is in 2020 als spin-off van ons prototype de PPS "Weerbaar teeltsysteem2024- casus aardbei" van start gegaan. Met deze PPS wordt een preventieve (biologische) systeemaanpak ontwikkeld voor de hele keten van vermeerdering, plantopkweek en productie, die toepasbaar is op de korte termijn (3-5 jaar) in de belangrijkste aardbeiteeltsystemen. De essentiële bouwstenen die hiervoor worden ontwikkeld zijn: 1) Herontwerp van trayveld voor de plantopkweek zodat bodemziekten (o.a. *Phytophthora*) grotendeels worden voorkomen. De teelt (opkweek, productie) onder glas op nieuwe duurzame substraten wordt geoptimaliseerd. 2) De substraatweerbaarheid tegen bodemziekten en mogelijk ook bovengrondse belagers wordt verhoogd door substraat-specifieke toevoegingen. 3) Voor de plaagbeheersing worden plantweerbaarheid verhogende maatregelen (elicitors en UV-B) ontwikkeld, in samenhang met de inzet van natuurlijke vijanden. 4). Er wordt voor echte meeldauw (en vruchttrot) in open teelten (stellingen) een preventiemodel en beheersplan ontwikkeld.

In ons prototype laten we zien dat we in staat zijn de plantweerbaarheid tegen plagen te verhogen. Dit toetsen we middels blad- en hele plantentoetsen. Plantweerbaarheid vormt een speerpunt in de gewasbescherming. Niettemin is er nog geen methode beschikbaar om weerbaarheid van het gewas in de praktijk te meten. Ontwikkeling van een snelle, eenvoudige en betrouwbare test met een onmiddellijk resultaat in de praktijk is een belangrijk onderwerp voor een vervolg PPS.

Tijdens de loop van het project was er op het vlak van groeimedia veel gaande, de discussie over welke groeimedia in 2030 zullen worden gebruikt is nog niet afgerond. In dit verband is er binnen de aardbeisector veel interesse in een vergelijk van een weerbare teelt op verschillende substraten en hun stuurbaarheid van het microbiom om ondergrondse ziekten te voorkomen. Dit zou als basis van een potentiële vervolg PPS kunnen dienen.

6.7 Perspectief voor teler en keten tijdshorizon 2030

De drie prototypen teelten 2020, 2021 en 2022 hebben laten zien dat we al op de kortere termijn (< 5jr) erin geslaagd zijn een prototype van een weerbaar teeltsysteem voor aardbei in de kas neer te zetten zonder het gebruik van CfS en met aanzienlijk minder inzet van gewasbeschermingsmiddelen zoals zichtbaar aan de hand van de lage HRI en actieve stofgebruik. De aardbei sector krijgt hiermee concrete handvatten waarmee de afhankelijkheid van chemische middelen aanzienlijk teruggedrongen wordt, en beter aan duurzaamheids- en residueisen van markt en maatschappij kan worden voldaan.

Belangrijkste knelpunt in de casus aardbei was de beschikbaarheid van voldoende robuuste rassen uit zaad. Tot nu toe is er in deze casus slechts met één zaadras gewerkt omdat de veredeling in aardbei op zaad in

2018 nog helemaal aan het begin stond. Deze veredeling is in de laatste 5 jaren verder ontwikkeld. Er zijn meerdere veredelingsbedrijven met aardbei uit zaad begonnen. Dit zal in de komende jaren tot een breder aanbod aan aardbei-zaadrassen leiden met focus op minder gevoeligheden tegen ziekten en plagen. Daarnaast is het noodzakelijk de opbrengst van de aardbeirassen uit zaad te verhogen zodat deze met de opbrengsten van een aardbei uit stek kunnen concurreren, tenzij zoals bij het ras, dat nu gebruikt is, een nichemarkt nagestreefd wordt welke een uitzonderlijk goede vruchtkwaliteit vraagt. Dit zou het verlies van 3 €/m² in vergelijking met de praktijk referentie kunnen compenseren, zodat ons prototype niet alleen een winst voor het milieu maar ook voor de economie gaat betekenen.

Op de langere termijn (2030) zou een volledig integrale toetsing van ons prototype met andere zaadrassen en een langere teelt moeten uitwijzen of zelfs een teelt zonder gebruik van pesticiden mogelijk is.

7 Wat heeft de Kennisimpuls ons tot nog toe geleerd?

Het BO-onderzoek Kennisimpuls Groene gewasbescherming heeft allerlei lessen opgeleverd. De meest generieke les van deze Kennisimpuls is dat het mogelijk is gebleken om via een systematische en integrale methodiek, voor zeer uiteenlopende teeltsystemen prototypes te ontwikkelen en te toetsen. De methodiek is gestoeld op vier samenhangende pijlers, namelijk i) gewasrotaties in ruimte en tijd (voor de akkerbouw), ii) robuuste rassen die naast sterk en weerbaar aangepast zijn aan de omgeving en de markt, iii) het creëren van optimale groeiomstandigheden voor het gewas, en iv) teeltmaatregelen die de levenscycli van ziekten, plagen en onkruiden onderdrukken/doorbreken en die nuttige organismen juist stimuleren. Alleen als deze pijlers onvoldoende effectief zijn wordt curatief ingegrepen. Monitoringssystemen en beslissingsondersteunende systemen zijn cruciaal om vast te stellen of de systeempijlers voldoende effectief zijn of dat bijsturing noodzakelijk is. Indien bijsturing nodig is wordt eerst gekeken of fysische of biologische beschermingsmaatregelen voor handen zijn. Alleen in het uiterste geval zal voor de chemische optie worden gekozen zoveel mogelijk in combinatie met hightech toepassingen zoals die momenteel worden ontwikkeld in de precisielandbouw.

Naast deze generieke les zijn er ook een aantal voorlopige lessen op specifieke onderwerpen te trekken uit de vier ontwikkelde prototypes:

Ten eerste, op basis van de hierboven geschetste methode en werkwijze voor de vier gewassen/gewasgroepen zijn er goede perspectieven om het gebruik van chemische gewasbeschermingsmiddelen aanzienlijk te verminderen. Dit blijkt mogelijk **zonder** het gebruik van actieve stoffen die op dit moment op de Cfs-lijst staan en met als resultaat een aanmerkelijke vermindering van de milieubelasting zoals die aan de hand van verschillende milieu impactindicatoren is vastgesteld. Voor deze tussenrapportage zijn verschillende milieu-indicatoren gebruikt, zoals de Harmonised Risk Indicator, CLM- milieumeetlat en de Environmental Impact Quotient. Hoewel deze indicatoren voor verschillende doeleinden zijn ontwikkeld lieten ze alle drie in grote lijnen de verwachte vermindering van milieubelasting zien. Op detailniveau waren wel allerlei verschillen, bijvoorbeeld ten aanzien van opname, klassering en berekening van milieu-impact van laag-risico stoffen. Bijvoorbeeld, perlagonzuur toegepast in de akkerbouw casus kwam niet voor in de EIQ-database en is daarom niet meegenomen in de EIQ-berekening, maar de toepassing is wel meegenomen bij de berekening van de HRI. Nog niet geclassificeerde laag-risico middelen zoals kaliumzout en een aantal biologische producten worden in de HRI tot dezelfde risicogroep 2 gerekend als veel normale middelen zoals buprimaat en flubendiamide. In het algemeen vallen in de berekening van de HRI veel normale gewasbeschermingsmiddelen in risicogroep 2, terwijl ze een zeer onderscheidend milieuprofiel hebben volgens de CLM-milieu meetlat. Daarnaast worden veel laag-risico middelen gebaseerd op bacteriën met hoge gehalten en in grote volumes gebruikt. Beide elementen (gehalte en volume) tellen zwaar mee in de berekening van milieu impactindicatoren. Dit in tegenstelling tot de normale gewasbeschermingsmiddelen die in steeds lagere volumes en gehalten worden toegepast.

De hierboven beschreven tussenresultaten zijn niet verassend omdat de gebruikte milieu-indicatoren verschillende berekeningsmethodieken hanteren. Ze maken duidelijk dat er behoefte is aan één gestandaardiseerde, breed gebruikte milieu-indicator zoals de nog in ontwikkeling zijnde Milieu-indicator Gewasbescherming (MIG). Maar de belangrijkste boodschap is en blijft dat ze allen aangeven dat er een aanmerkelijke vermindering qua milieubelasting was bereikt.

Ten tweede, vanaf de ontwerpfase van de prototype weerbaarteeltsystemen bleek dat er relatief weinig laag-risico gewasbeschermingsmiddelen beschikbaar waren om toe te passen als beslissingsondersteunende systemen aan geven dat er bestreden moet worden. Op het moment van schrijven zijn slechts 13 laag-risico middelen volgens het Ctgb toegestaan t.o.v. 7613 gewasbeschermingsmiddelen inclusief middelen die op de Cfs lijst staan⁶. Vier van de laag-risico middelen mogen alleen worden ingezet tegen slakken terwijl een aantal andere laag-risicomiddelen alleen zijn toegestaan in gewassen die niet in de prototypes zijn geteeld.

⁶ <https://toelatingen.ctgb.nl/nl/authorisations> [bezocht op 4 oktober 2023].

Het geringe aantal laag-risico middelen zal deels komen omdat de werkzame bestanddelen of de geschikte formulering nog in onderzoek zijn, deels ook omdat in de toelatingsprocedure deze laag-risicomiddelen nog in een regulier toelatingstraject terecht komen en als zodanig beoordeeld moeten worden. En er zullen gevallen zijn waar er voor bepaalde ziekte-plaag-gewas combinaties geen laag-risico middel in de pijplijn zit. Dit onderzoek was niet gericht op het beoordelen van de effectiviteit van laag-risico middelen en daarom kunnen daarover geen lessen worden getrokken.

Ten derde, ondanks de vermindering in het gebruik van chemische gewasbeschermingsmiddelen zijn de economische saldo's van de prototype teeltsystemen lager dan de referentiesystemen. Dit is deels te verklaren door de in het algemeen achterblijvende gewasopbrengsten (bijvoorbeeld in de casus akkerbouw en appel), de hoge investeringen bij de opstart van het prototype (bijvoorbeeld de cabrio-kap in de appel casus), en de hoge kosten van de biologische bestrijding (casus aardbei). Hierbij wordt verder opgemerkt dat gewassaldo's van de akkerbouw casus exclusief de arbeidskosten van de teler zijn. Deze zullen wel in de eindanalyse worden meegenomen.

De in de denktanks en klankbordgroepen meedenkende telers, gaven aan dat naar hun mening de saldo verschillen in de casussen tot nog toe niet zo groot lijken, en dat ze in een vervolgtraject overbrugbaar zijn (geen showstoppers). Deze bij de Kennisimpuls betrokken telers spraken daarbij veelal vertrouwen uit dat, als de getoetste prototypes in hun ogen voldoende potentie hebben aan het einde van het project, zij mogelijkheden zien om in een vervolgtraject tot voor de praktijk rendabele systemen te komen. In de praktijk is dit reeds het geval zoals de casussen aardbei en appel laten zien. De teelt van aardbei onder glas, wat een hoge investeringen vergt, is de afgelopen jaren sterk toegenomen. Ook de cabrio-kap in de appel casus vergde een forse investering. De nu gebruikte cabrio-kap is een relatief duur prototype, vooral geschikt voor onderzoek. Leden van de klankbordgroep verwachten dat als dit prototype teeltsysteem voldoende perspectieven blijft tonen, het bedrijfsleven initiatief zal nemen tot ontwikkeling van een cabrio-kap die goedkoper is en beter past bij de praktijk. Inmiddels zijn voor de ontwikkeling van zo'n cabrio-kap al twee initiatieven vanuit het bedrijfsleven gestart.

In de casus beschrijvingen wordt duidelijk dat de toetsperiode tot en met 2022 nog te kort was voor een volledige agronomische en economische evaluatie. Het eerste jaar was veelal nodig om de prototypen te ontwikkelen, waardoor de verzamelde data minder goed te vergelijken zijn met de jaren daarna. Dit geldt bijvoorbeeld voor de ras keuzes (casus akkerbouw) en het installeren van de cabrio-kap in de appel casus waardoor de productie van de bestaande boomgaard nadelig werd beïnvloed. Dit zijn overigens zaken die ook zullen spelen als prototypen door de praktijk worden opgepakt. De les die uit de appel casus valt te trekken is om cabrio-kappen alleen in nieuw aan te leggen boomgaarden toe te passen en dat je vervolgens toetsjaren nodig hebt die verschillen in weersomstandigheden en bijvoorbeeld druk van ziekten en plagen.

Dat brengt ons tot een laatste generieke les. Systeemgerichte ontwikkeling van weerbare teeltsystemen vraagt meerjarige programma's van onderzoek en toetsing, en vervolgens een implementatietraject. Dit BO-onderzoek biedt de mogelijkheden om risicodragende innovaties van weerbare teeltsystemen te ontwikkelen in nauwe samenwerking met denktanks en klankbordgroepen waarin de verschillende sectoren zijn vertegenwoordigd. Of de perspectieven die in deze tussenrapportage worden geschetst in 2030 kunnen worden verzilverd, hangt af van de verdere doorontwikkeling en praktijkimplementatie in vervolgprojecten in de komende jaren. Daarbij moet tijdens de toetsjaren actief aan een zodanig draagvlak gewerkt worden dat publiek-privaat of privaat gefinancierde vervolgprojecten opgestart worden om tot implementatie in de praktijk te komen. Meer dan tot nog toe gebeurt binnen de kennisimpuls, moet communicatie naar de sector toe daar specifiek op gericht worden.

8 Aanbevelingen

De brede en algemene aanbeveling is dat de toetsing van casussen volgens plan moet worden voortgezet en dat vanaf nu meer resultaten en inzichten die beschikbaar komen, na afstemming gecommuniceerd worden naar de verschillende sectoren.

Deze tussenresultaten geven ook aanleiding tot meer specifieke aanbevelingen.

a. Aanbevelingen/wensen t.a.v. veredeling

Weerbare rassen met resistentie/tolerantie tegen meerdere plagen en ziekten vormen een belangrijk fundament voor de gewasbescherming van de toekomst. Gecombineerde resistenties/toleranties zijn echter nog zeldzaam. Dat speelt in alle casussen en is als les specifiek benoemd voor de casus Akkerbouw.

In de appelteelt is vooral de resistentie/tolerantie tegen meeldauw van belang omdat meeldauw vooral gedijt onder de drogere omstandigheden bij een cabriokap gebruik.

Tot nu toe is er in de aardbeicasus slechts met één zaadras gewerkt omdat de veredeling van aardbei op zaad in 2018 nog in de kinderschoenen stond. De afgelopen vijf jaren zijn er meerdere veredelingsbedrijven met aardbei uit zaad begonnen. Dit zal tot een bredere keuze in zaadrassen leiden, waarbij veredeling op (partiële) resistentie tegen ziekten en plagen belangrijk is en in een verbeterde opbrengst resulteert. Een aspect dat algemeen in de veredeling nog niet wordt meegenomen is veredeling op weerbaarheid zodat planten maximaal op weerbaarheid verhogende maatregelen kunnen reageren. Als steenwol in de teelt van aardbei gangbaar wordt zal veredeling voor groei op dit substraat wenselijk zijn.

Aanbeveling is deze wensen t.a.v. veredeling duidelijk te blijven communiceren met de veredelingssector. Van belang is daarbij om na te gaan (bijvoorbeeld in BO-onderzoek) of, en zo ja welke beperkingen er zijn om tot voldoende beschikbaarheid aan rassen die weerbaar zijn tegen ziekten en plagen te komen, en of deze beperkingen opgeheven kunnen worden, bijvoorbeeld met nieuwe verdelingstechnieken als gene-editing en cisgenese. Aangezien er de komende jaren niet alleen een sterk groeiende behoefte zal bestaan aan rassen die weerbaar zijn tegen ziekten en plagen, maar tegen abiotische geleidelijke (klimaatveranderingen) of kortstondige (weersextremen) stress zal ook het concept van weerbaarheid daartoe verbreed moet worden. Tegelijk is het nodig om resistentiemanagement methodieken op basis van laag-risico middelen te ontwikkelen waarmee deze resistenties nu en in de toekomst duurzaam beschermd blijven.

b. Aanbevelingen t.a.v. microbiom

Het is nodig om beter inzicht te krijgen in functionele relaties van gewassen met het microbiële bodemleven. Wat is bijvoorbeeld de interactie van een grotere gewasdiversiteit met het microbiële bodemleven en hoe kan dit gericht gestuurd worden zodat gewassen weerbaarder worden?

c. Aanbevelingen/wensen t.a.v. technologie-ontwikkeling

In het onderzoek zou meer aandacht moeten komen voor de ontwikkeling van beslissingsondersteunende tools en modellen die actiedrempels kunnen herkennen op basis van de ziekte of plaagdruk, gewasontwikkeling en financiële consequenties van (niet) ingrijpen. Bijvoorbeeld schadedrempels, voor zover ze er zijn, staan nu vast in de tijd en verschillen ook per gewasbeschermingsmiddel of -maatregel. Aan het begin van het seizoen is de schadedrempel anders dan aan het eind. Aan het begin van het seizoen is er nog volop gelegenheid voor de schimmel of plaag om een aantal generaties te vormen, waarbij aan het eind van het seizoen daarvoor de tijd ontbreekt. Populatie dynamische en gewasgroeimodellen zouden kunnen worden gebruikt om schadedrempels om te zetten naar actiedrempels.

Overigens betekent de beschikbaarheid van een beslissingsondersteunend systeem (BOS) nog niet dat deze ook daadwerkelijk in de praktijk veel gebruikt wordt. De lelie casus is daar een goed voorbeeld van: In de lelieteelt is een beschikbare waarschuwingssysteem /BOS voor Botrytis namelijk nog steeds geen gemeengoed. Nader onderzoek zou inzicht moeten geven wat hiervoor de reden is en of het gebruik op basis van dat inzicht gestimuleerd kan worden.

Het gebruik van UV-C licht lijkt in aardbei een kansrijke technologie en alternatief voor het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen tegen meeldauw. Verdere optimalisering van deze technologie is wenselijk om deze ook in de opkweek van aardbei te kunnen gebruiken, en mogelijk in andere gewassen.

Elicitoren van commerciële partijen tegen plantenziekten zijn beschikbaar in glastuinbouw en de open teelten, maar nog in beperkte mate beschikbaar tegen plagen. Verdere ontwikkeling van elicitoren tegen plagen en registratie hiervan is gewenst.

Monitoring door camera's en DNA-technieken: Het goed kwantitatief kunnen waarnemen van de aanwezige ziekten, plagen en ook onkruiden is essentieel voor het gericht kunnen bijsturen met biologische, fysische, mechanische of chemische laag risicomiddelen en maatregelen. Momenteel ontbreekt het met name voor ziekten en plagen aan methoden die snel en met weinig arbeid betrouwbaar vroegtijdig de aantasting of dichtheden van een plaag of pathogeen kunnen meten. Er is een grote noodzaak vaart te zetten achter de ontwikkeling van detectietechnieken op basis van camerabeelden en/of DNA-technieken. Belangrijk is een geautomatiseerde monitoring van ziekten en plagen, gecombineerd met actiedrempels, gekoppeld aan beheersmaatregelen. Dit levert vragen op deelaspecten op zoals: Welke sensoren zijn het meest geschikt voor waarneming van insecten? Voor schimmelaantasting? Ondergrondse pathogenen of plagen? Welke actiedrempels zijn er per combinatie van gewas, plaagorganisme en bestrijdingstype wanneer we zonder chemie willen ingrijpen?

De appelcasus toont het belang aan van het vroegtijdig lokaliseren van aantastingen en geautomatiseerd of gerobotiseerd handelen, in dit geval bij de sanitatie tegen meeldauw en de pleksgewijze bespuitingen tegen roze appelluis. In samenwerking met het bedrijfsleven wordt gewerkt aan het geautomatiseerd vaststellen van de precieze locaties. Dit kan inmiddels gevolgd worden door pleksgewijs spuiten met nieuwe prototype spuitmachines (zowel tegen meeldauw als roze appelluis). Het gerobotiseerd verwijderen van takken met meeldauw lijkt in principe mogelijk, maar de realisatie daarvan zal nog enige jaren onderzoek en ontwikkeling duren. Het verdient aanbeveling om detectieonderzoek van ziekten, plagen en onkruiden goed te laten aansluiten bij robotiserings- en automatiseringsonderzoek om boeren uiteindelijk een handelingsperspectief te kunnen bieden om vroegtijdig en pleksgewijs de gewenste maatregelen te nemen.

d. Aanbevelingen/wensen t.a.v. een weerbare perceelomgeving

Op dit moment wordt gebruik gemaakt van vooral natuurlijke vegetatie in en rondom percelen om zo de functionele agrobiodiversiteit inclusief bestuivers te stimuleren. De infrastructuur in en rondom het prototypesysteem, in relatie tot het landschap is tot nog toe onderbelicht. Potentiële risicovolle interacties zoals het in stand houden van een inoculum of de vermeerdering van pathogenen en toegevoegde waarde van biologische bestrijders, en de meerwaarde voor bestuivers en algehele biodiversiteit, zijn nog onvoldoende duidelijk. Meer kennis van interacties van natuurlijke elementen (en daarvan afgeleid bankerplanten) met natuurlijke vijanden en ziekten, plagen zal waarschijnlijk leiden tot meer handelingsperspectief voor de teler. Duidelijk is dat aanleg en onderhoud van zulke natuurlijke vegetaties arbeid en land vergen, waardoor dit element van weerbare systemen ook zijn kosten heeft.

e. Aanbevelingen/wensen t.a.v. induceerbare weerbaarheid van gewassen

Verhoging van de plantweerbaarheid vormt een belangrijke speerpunt in de gewasbescherming van de prototypen teeltsystemen. Niettemin is er nog geen methode beschikbaar om de weerbaarheid van het gewas in de praktijk te meten. Wat zijn de methoden, indicatoren en metriek om de weerbaarheid van gewassen te karakteriseren? Ontwikkeling van een snelle en eenvoudige karakterisering van de weerbaarheid is een belangrijk onderwerp.

In de akkerbouw is er nog onvoldoende kennis over stoffen die de plantafweer kunnen bevorderen. Hierbij gaat het bijvoorbeeld over de toepassing van zulke stoffen afhankelijk van gewasfysiologie,

weersomstandigheden, bemesting, rotaties en management van gewasresten als component van een weerbaar teeltsysteem.

Relaties tussen bemesting en vatbaarheid/weerbaarheid van een gewas in relatie tot infectiedruk op basis van weersgegevens zijn ook veelal nog onvoldoende bekend.

f. Aanbevelingen/wensen t.a.v. keten en kennisdoorwerking

Deze tussenresultaten tonen perspectief voor de aardbeicasus dat producten met geen of zeer geringe residuen geteeld kunnen worden en met een veel lagere impact voor het milieu dan de referentiesystemen. Een teler zou mogelijk op basis hiervan in de toekomst een hogere productprijs kunnen rekenen. Een positieve bijdrage aan gezondheid en milieu is echter nog niet in economische rekenmodellen meegenomen. Belangrijk is dat deze mogelijke meerwaarde aan gezondheids- en milieuwinst nog nader wordt vastgesteld en dat daarbij ook onderzocht wordt hoe deze bijdrage aan gezondheid en milieukwaliteit in de keten optimaal gecommuniceerd kan worden.

9 Conclusies

Deze tussenrapportage betreft de resultaten van de eerste vijf jaar ontwikkeling en toetsing van prototypes weerbare teeltsystemen voor relevante gewassen/gewasgroepen. Concreet werd in elk ontwikkeld prototype tot dusver duidelijk minder gewasbeschermingsmiddelen gebruikt dan in de referentiesystemen, en in elk geval geen CfS-stoffen.

De opbrengsten van de prototypesystemen en de saldi die daarbij horen waren vaak lager dan die van de referentiesystemen, maar deze verschillen lijken niet zo groot dat ze onoverbrugbaar zijn (geen showstoppers).

Een eerste analyse van milieu-impact door emissie van gewasbeschermingsmiddelen laat zien dat deze in de prototype teeltsystemen gedurende de eerste toetsjaren duidelijk lager is dan in de referentiesystemen.

Daarmee kan geconcludeerd worden dat dit beleidsondersteunende onderzoek *Kennisimpuls Groene Gewasbescherming* een basis heeft gelegd voor ontwikkeling, systeemintegratie en toetsing op systeemniveau van bouwstenen die het *Uitvoeringsprogramma Toekomstvisie gewasbescherming 2030* noemt om innovatieve nieuwe teeltconcepten te ontwikkelen met behoud van marktperspectief.

De toetsperiode tot en met 2022 is echter nog te kort voor een goede agronomische en economische evaluatie. De verlenging van de Kennisimpuls Groene gewasbescherming tot 2025 biedt de mogelijkheid om de evaluatie op systeemniveau voort te zetten met het doel de overdracht naar vervolgonderzoek en implementatietrajecten zo goed mogelijk te faciliteren.

Literatuur

- BKD (2021). Uitvoeringsrichtlijn liliuim 2021-10-20. https://www.bkd.eu/wp-content/uploads/2021/10/uitvoeringsrichtlijn_liliuim_20211020.pdf
- CBS [Centraal Bureau voor de Statistiek], <https://www.cbs.nl/nl-nl>
- Boedijn, A. T., van Tuyll van Serooskerken, P. (2022). Stappen naar circulaire glastuinbouw: Transitiepaden en innovaties. Wageningen University & Research, BU Greenhouse Horticulture. <https://edepot.wur.nl/585310>.
- Ende, J. E. van den, Pennock-Vos, M. G., Bastiaansen, C., Koster, A. T. H. J., van der Meer, L. J. (2000). BoWaS: A weather-based warning system for the control of Botrytis blight in lily. *Acta Horticulturae*, 519, 215–220. <https://doi.org/10.17660/ACTAHORTIC.2000.519.22>.
- Hogewoning, S. W., Noordhoek, E. P., Biemond, E. D., Kok, B. J., Helmus-Schuddebeurs, L. (2022). Lelie duurzaam geteeld onder LED. *Plant Lighting B.V.*, Bunnik. 72p.
- Kock, M. de, Lemmers, M., van Aanholt, H., Derkx, R. (2013). Details van virusoverdracht door bladluizen in lelie. *Praktijkonderzoek Plant & Omgeving*. Business Unit Bloembollen, Boomkwekerij & Fruit. <https://edepot.wur.nl/283566>.
- Leeuwen, P. van, van Dam, M., Slootweg, C., Vreeburg, P. (2018). Ziekten en Plagen bij Bloembollen (B. Looman & C. van Duijn, Eds.). Stichting Bollenacademie.
- Looman, B. H. M., & Gude, H., Slootweg, G. (2020). Desinfecteren van bloembollen en proceswater: PPS Het Nieuwe Verwerken van bloembollen - onderzoek 2016-2019. (Rapport / Wageningen University & Research, BU Glastuinbouw - Bloembollen; No. WPR-934). Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Business unit Glastuinbouw - Bollen. <https://doi.org/10.18174/521326>
- Meskers, K. (2017). De Teelt van Lelies. Stichting Bollenacademie.
- Mouden, S., Bac-Molenaar, J. A., Kappers, I. F., Beerling, E. A. M., Leiss, K. A. (2021). Elicitor application in strawberry results in long-term increase of plant resilience without yield loss. *Front. Plant Sci.* 12: 695908. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.695908>.
- Riemens, Mette Sønderskov, Anna-Camilla Moonen, Jonathan Storkey, Per Kudsk (2022). An Integrated Weed Management framework: A pan-European perspective. *European Journal of Agronomy* Volume 133, February 2022, 126443. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2021.126443>
- Sikora, Richard A., Molendijk, Leendert P. G., Desaegeer, Johan (2022). Integrated nematode management and crop health: future challenges and opportunities. *Integrated nematode management: state-of-the-art and visions for the future*, <https://doi.org/10.1079/9781789247541.000>.
- Sluis, B. van der, M. Groot. (2023). Betere begrotingsrichtprijzen voor peer. *Fruittteelt* 113: 6-8.

Correspondentie adres voor dit rapport:

Postbus 16

6700 AA Wageningen

T 0317 48 07 00

wur.nl/plant-research

Rapport WPR-1249



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

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



Correspondentieadres voor dit rapport:
Postbus 16
6700 AA Wageningen
T 0317 48 07 00
wur.nl/plant-research

Rapport WPR-1249

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 7.600 medewerkers (6.700 fte) en 13.100 studenten en ruim 150.000 Leven Lang Leren-deelnemers behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

