



Staat van Plantgezondheid 2023

In de Nederlandse Land- en tuinbouw

Auteurs | Marleen Riemens, Ellen Beerling, Peter Bonants, Johan Bremmer, Corne Kempenaar, Bert Lotz, Charlotte Nederpel, Paul Ruigrok, Caroline van der Salm, Jos Tielen, Daan Verstand, Jos Verstegen, Johnny Visser, Marcel Wenneker, Marie Wesselink & Seerp Wigboldus

WPR-OT 1034



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Staat van Plantgezondheid 2023

in de Nederlandse Land- en tuinbouw

Marleen Riemens, Ellen Beerling, Peter Bonants, Johan Bremmer, Corne Kempenaar, Bert Lotz, Charlotte Nederpel, Paul Ruigrok, Caroline van der Salm, Jos Tielen, Daan Verstand, Jos Verstegen, Johnny Visser, Marcel Wenneker, Marie Wesselink, Seerp Wigboldus

Wageningen University & Research

Wageningen, December 2023

Rapport WPR-OT-1034



Riemens, M., Beerling, E., Bonants, P., Bremmer, J., Kempenaar, C., Lotz, B., Nederpel, C., Ruigrok, P., van der Salm, C., Tielen, J., Verstand, D., Verstegen, J., Visser, J., Wenneker, M., Wesselink, M., Wigboldus, S., 2022. *Staat van Plantgezondheid 2022 in de Nederlandse Land- en tuinbouw*. Wageningen Research, Rapport WPR-OT-1034. 163 blz.; 34 fig.; 20 tab.; 151 ref.

Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/636101>.

© 2023 Wageningen, Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Business unit Open Teelten, Postbus 430, 8200 AK Lelystad; T 0320 29 1111; www.wur.nl/plant-research

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

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

Stichting Wageningen Research is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

Rapport WPR-OT-1034

Foto omslag: Wageningen University & Research

Inhoud

Inhoud	5
Samenvatting	7
1 Inleiding.....	13
2 Trends in het optreden van Ziekten, Plagen en Onkruiden.....	16
2.1 Monitoring: verontrustende ziekten, plagen en onkruiden in 2022	16
2.2 Implicaties van de ontwikkelingen ten aanzien van verontrustende Ziekten, Plagen en Onkruiden	17
3 Trends in fytosanitair beleid en eisen van derde landen	20
3.1 Stand van Zaken	20
3.1.1 Algemene Stand van Zaken	20
3.1.2 Nationaal	20
3.1.3 Internationaal	21
3.1.4 De nieuwe Plantgezondheidsverordening	22
3.1.5 BREXIT en derde landen	23
3.2 Trends en Uitdagingen op het Fytosanitaire werkveld	23
3.2.1 Algemene trends/uitdagingen	23
3.2.2 Overheid, incl. NVWA	25
3.2.3 Keuringsdiensten	26
3.2.4 Bedrijfsleven	26
3.2.5 Onderzoek en Kennis Fytosanitair	27
3.3 Samenvatting van specifieke implicaties voor publieke en private organisaties	29
4 Beschikbaarheid van werkzame stoffen en gewasbeschermingsmiddelen	31
4.1 Trends rondom beschikbaarheid werkzame stoffen en gewasbeschermingsmiddelen	31
4.1.1 Toegelaten gewasbeschermingsmiddelen en werkzame stoffen in Nederland	31
4.1.2 Verkoop van gewasbeschermingsmiddelen	32
4.1.3 Gebruik van gewasbeschermingsmiddelen in de Nederlandse landbouw	34
4.1.4 Geharmoniseerde Risico Indicatoren	35
4.2 Typering van implicaties van beschikbaarheid van middelen voor de sectoren	42
4.2.1 Akkerbouw en Vollegrondsgroenten	42
4.2.2 Glastuinbouw	44
4.2.3 Fruitteelt en bomen	46
4.2.4 Bloembollen	46
5 Ontwikkelingen voor weerbare teeltsystemen met minder afhankelijkheid van gewasbeschermingsmiddelen: algemene stand van zaken en trends	47
5.1 Weerbare teeltconcepten, incl. verbinden landbouw en natuur	47
5.2 Weerbare bodem, andere groeimedia en bemesting	50
5.3 Geïnduceerde plantweerbaarheid	54
5.4 Weerbare rassen	55

5.5	Gezond uitgangsmateriaal	59
	5.5.1 Het belang van gezond uitgangsmateriaal	59
	5.5.2 Innovaties rondom gezond uitgangsmateriaal	60
5.6	Inzet van nuttige organismen	62
	5.6.1 De inzet van nuttige organismen	63
	5.6.2 Het stimuleren van aanwezige natuurlijke vijanden	64
5.7	Data gedreven landbouw en precisielandbouw	64
	5.7.1 Precisielandbouw	64
	5.7.2 Detectietechnieken	70
6	Ontwikkelingen richting weerbare teeltsystemen met minder afhankelijkheid van gewasbeschermingsmiddelen per sector	73
6.1	Glastuinbouw	73
	6.1.1 Weerbare teeltconcepten, incl. verbinden landbouw en natuur	74
	6.1.2 Weerbare bodem, andere groeimedia en bemesting	75
	6.1.3 Robuuste rassen	76
	6.1.4 Gezond uitgangsmateriaal	76
	6.1.5 Inzet van nuttige organismen	76
	6.1.6 Geïnduceerde weerbaarheid	80
	6.1.7 Data gedreven landbouw/precisielandbouw	81
6.2	Bloembollenteelt	81
	6.2.1 Weerbare teeltconcepten, incl. verbinden landbouw en natuur	84
	6.2.2 Weerbare bodem, andere groeimedia en bemesting	86
	6.2.3 Robuuste rassen	89
	6.2.4 Gezond uitgangsmateriaal	91
	6.2.5 Inzet van nuttige organismen	93
	6.2.6 Geïnduceerde weerbaarheid	94
	6.2.7 Data gedreven landbouw/precisielandbouw	95
6.3	Fruitteelt	97
	6.3.1 Weerbare teeltconcepten, incl. verbinden landbouw en natuur	97
	6.3.2 Weerbare bodem, andere groeimedia en bemesting	99
	6.3.3 Robuuste rassen	100
	6.3.4 Gezond uitgangsmateriaal	101
	6.3.5 Inzet van nuttige organismen	102
	6.3.6 Geïnduceerde weerbaarheid	102
	6.3.7 Data gedreven landbouw/precisielandbouw	103
6.4	Akkerbouw en vollegrondsgroenten	104
	6.4.1 Weerbare teeltconcepten, incl. verbinden landbouw en natuur	104
	6.4.2 Weerbare bodem en bemesting	106
	6.4.3 Robuuste rassen	108
	6.4.4 Gezond uitgangsmateriaal	109
	6.4.5 Inzet van nuttige organismen	109
	6.4.6 Geïnduceerde weerbaarheid	110
	6.4.7 Datagedreven landbouw/precisielandbouw	110
7	Relevante autonome ontwikkelingen	113
7.1	Klimaatverandering en plantgezondheid	113
	7.1.1 Klimaatverandering	113
	7.1.2 Trends en scenario's	114
	7.1.3 Korte illustraties van specifieke implicaties voor sectoren	115
7.2	Sociaal economische ontwikkelingen en plantgezondheid	118
	7.2.1 Stand van zaken	118
	7.2.2 Trends en scenario	120
	7.2.3 Korte illustraties van specifieke implicaties voor sectoren	122
7.3	Wet- en regelgeving (inter) nationaal en plantgezondheid	122

7.3.1	Stand van zaken	123
7.3.2	Trends en scenario's	126
7.3.3	Korte illustraties van specifieke implicaties voor sectoren	127
8	Witte vlekken en uitdagingen richting 2030	128
8.1.	Scenario studies	128
8.2	Fytosanitair beleid en derde landen	129
8.3	Beschikbaarheid en toepassing van effectieve laag risico gewasbeschermingsmogelijkheden	130
8.3	Ontwikkelingen voor weerbare teeltsystemen met minder afhankelijkheid van gewasbeschermingsmiddelen	130
8.4	Ontwikkelingen richting weerbare teeltsystemen met minder afhankelijkheid van gewasbeschermingsmiddelen per sector	133
8.5	Relevante autonome ontwikkelingen	134
9	Samenvattende conclusie en aanbevelingen	136
	Referentielijst.....	143
	Bijlage 1: Kerninformanten t.b.v. hoofdstuk 2	154
	Bijlage 2: Vragenlijst monitoring ziekten, plagen en onkruiden	155
	Bijlage 3: Verontrustende ziekten, plagen en onkruiden per sector	156

Samenvatting

In 2019 werd de Toekomstvisie Gewasbescherming 2030 aan de Tweede Kamer gepresenteerd, en in 2020 werd die gevolgd door het Uitvoeringsprogramma Toekomstvisie gewasbescherming 2030. Dit uitvoeringsprogramma geeft invulling aan de in de toekomstvisie benoemde transitie naar weerbare plant- en teeltsystemen. In dit uitvoeringsprogramma zijn een groot aantal partijen als partner betrokken¹. De toekomstvisie en het uitvoeringsprogramma bouwen voort op de wens die leeft in de Nederlandse maatschappij, inclusief de agrarische sector, t.a.v. verlaging van risico's, en vermindering van gebruik en van emissies van gewasbeschermingsmiddelen. Onderdeel van het Uitvoeringsprogramma is het zicht krijgen op vooruitgang richting het in de Toekomstvisie geschetste wenkend perspectief. Het is daarom de bedoeling dat elke vijf jaar de "staat van de Nederlandse plantgezondheid" wordt uitgebracht, met daarin de state-of-art, verwachte trends, en opgaven richting 2030. Dit is inclusief het zicht houden op ontwikkelingen t.a.v. ziekten, plagen, en onkruiden, waarover voor het laatst in 2016 werd gerapporteerd².

Dit rapport volgt deze bedoeling van het Uitvoeringprogramma op. Het rapport adresseert de volgende vragen:

1. Welke trends zijn er in het optreden van ziekten, plagen en onkruiden in Nederland?
2. Welke trends zijn er op gebied van fytosanitair beleid en eisen van derde landen ten aanzien van de gezondheid en kwaliteit van plantaardige producten?
3. Wat zijn de belangrijkste trends op het gebied van beschikbaarheid van werkzame stoffen op Europees niveau en van gewasbeschermingsmiddelen op nationaal niveau?
4. Wat zijn de belangrijkste trends op het gebied van beschikbare maatregelen, zoals weerbare gewassen, technische maatregelen, bodemkwaliteit e.d.?
5. Wat betekenen de trends voor agrarische ondernemers in de verschillende sectoren?
6. Welke invloed hebben ontwikkelingen zoals klimaatverandering en internationale handel hierop?
7. Welke invloed hebben economische ontwikkelingen hierop?
8. Welke invloed heeft (inter-)nationale wet- en regelgeving hierop?

In 2022 werden middels interviews in alle sectoren in totaal 148 zorgwekkende ontwikkelingen vastgesteld in **het optreden van ziekten, plagen en onkruiden in Nederland**, wat neerkomt op **een stijging van 34%** ten opzichte van 2016. Deze toename wordt door kerninformanten toegeschreven aan verschillende belangrijke factoren, waaronder een beperktere beschikbaarheid van middelen en maatregelen, het doorbreken van resistenties, strengere exporteisen, beperkte mogelijkheden om chemische gewasbeschermingsmiddelen te combineren met andere middelen en maatregelen, evenals een groeiend aantal invasieve plagen en ziekten. De ontdekking van Q-organismen wordt ook beschouwd als een verontrustende ontwikkeling vanwege het gebrek aan effectieve bestrijdingsopties. Gelukkig zijn er ook elf ontwikkelingen die niet langer als verontrustend worden beschouwd, dankzij resistente gewasvariëteiten, effectieve IPM-strategieën en de uitbreiding van het assortiment beschikbare (laag-risico) middelen. Een toename van ziekten, plagen en onkruiden leidt tot een grotere behoefte aan arbeidskrachten, hogere bestrijdingskosten, het ontstaan van resistenties in resistente gewasvariëteiten, een grotere vraag naar nieuwe percelen (vooral voor bollen), verminderde opbrengsten, en afkeuring van partijen in de internationale handel.

Deze ontwikkelingen baarden al in 2016 zorgen en er werden verschillende mogelijke oplossingsrichtingen voorgesteld, zoals het aanpassen van teeltsystemen, betere kennisimplementatie, kennisontwikkeling, duurzaam bodembeheer, preventie en hygiëne, marktontwikkelingen en beleidsmaatregelen.

¹ Vereniging Artemis; Vereniging Cultuurtechnische werken en Grondverzet, Meststoffendistributie en Loonwerken in de Agrarische sector in Nederland (Cumela); Fedecom; Land- en tuinbouw Organisatie Nederland; Stichting Natuur en Milieu; Nederlandse Stichting voor Fytofarmacie (Nefyto); Plantum NL; Unie van Waterschappen; Vereniging Agrodix; Vereniging van waterbedrijven in Nederland (VEWIN); het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV) (waaronder NVWA, Ctgb en RVO.NL); het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat.

² <https://www.nvwa.nl/documenten/plant/gewasbescherming/gewasbescherming/publicaties/rapportage-monitoring-ziekten-plagen-en-onkruiden-voor-de-periode-2009-2016>.

Zes jaar later zijn deze oplossingsrichtingen nog steeds relevant. Helaas zijn deze **oplossingen nog steeds onvoldoende ontwikkeld**.

Dat beeld wordt ondersteund door de gevonden trends op het gebied van beschikbare maatregelen. Sinds 2016 wordt in verschillende sectoren gewerkt aan de ontwikkeling van weerbare teeltsystemen en de componenten daarvan: maatregelen en methoden gericht op bodem- en plantweerbaarheid, robuuste rassen, gezond uitgangsmateriaal, inzet van nuttige organismen, en ondersteund door precisielandbouw, datamanagement en goede diagnostiek. De ontwikkeling van weerbare teeltsystemen is net als de ontwikkeling van de genoemde deelgebieden nog volop bezig. Daarmee is in geen van de sectoren een weerbaar teeltsysteem beschikbaar voor telers dat een volledig alternatief kan bieden voor de huidige gangbare teeltwijze. Wel zijn er, afhankelijk van de sector, individuele technieken en maatregelen beschikbaar gekomen waar ondernemers gebruik van kunnen maken (zoals beslissingsondersteunende systemen voor een aantal ziekten en biologische bestrijders in de glastuinbouw).

Sinds 2007 is er een trend van toename in het aantal toegelaten werkzame stoffen en gewasbeschermingsmiddelen in Nederland, gevolgd door een lichte daling sinds 2019. Het is echter belangrijk om op te merken dat deze trend geen directe indicatie is voor de beschikbaarheid van gewasbeschermingsmiddelen die specifiek gericht zijn op ziekten, plagen of onkruiden in specifieke teelten. Ondanks de groei van het aantal toegelaten middelen, ervaren verschillende sectoren **steeds meer uitdagingen bij het beheersen van ziekten, plagen en onkruiden**, wat suggereert dat de beschikbare middelen mogelijk ontoereikend zijn. Helaas worden er geen overzichten bijgehouden van de beschikbare middelen en maatregelen per ziekte, plaag of onkruid in elke specifieke teelt.

In 2020 is de verkoop van gewasbeschermingsmiddelen in Nederland met 10% gedaald ten opzichte van 2011, gemeten in kilogram. Van alle verkochte producten zijn fungiciden de meest verkochte middelen in Nederland, gevolgd door herbiciden. Het CBS verzamelt en publiceert elke 4 jaar gegevens over het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen in de landbouw in Nederland via enquêtes onder telers. De CBS-gegevens laten een vergelijkbare trend zien als de Eurostat-verkoopcijfers van gewasbeschermingsmiddelen binnen en buiten de landbouw in Nederland: een afname in het gebruik van fungiciden en herbiciden, en een toename in het gebruik van insecticiden. Het lijkt erop dat **de afhankelijkheid van fungiciden en herbiciden het grootst is, maar wel afneemt, terwijl de afhankelijkheid van insecticiden lijkt toe te nemen**.

De harmonised risk indicators (HRI1 en HRI2), zijn vastgesteld door de Europese Commissie om trends te laten zien met betrekking tot de risico's die gepaard gaan met het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen. Gegevens over deze indicatoren lijken er op te wijzen dat niet alleen de verkoop van gewasbeschermingsmiddelen en stoffen in Nederland in kg daalt, maar dat ook het risico afneemt. De cijfers laten ook zien dat **de aanwezigheid van laag risico stoffen op de EU markt toeneemt** en dat de aanwezigheid van stoffen die nog niet of niet meer zijn goedgekeurd afneemt. Het totaal-volume van laag risico stoffen is echter nog relatief laag ten opzichte van het totaal aantal stoffen. Daarnaast valt op dat de toename van de laag risico stoffen veroorzaakt wordt door de stijging van stoffen op basis van micro-organismen en dat het aantal laag risico stoffen op basis van chemische stoffen afneemt. Er is een toename van stoffen op basis van micro-organismen. Daarnaast laten de indicatoren zien dat **het aantal aangevraagde vrijstellingen in Nederland stijgt**. Vrijstellingen in Nederland worden aangevraagd voor teelten waar nog geen goed alternatief beschikbaar is, of voor kleine toepassingen. Samen met de geconstateerde verontrustende ontwikkelingen kan dit wijzen op een afnemend aantal mogelijkheden om ziekten, plagen en onkruiden in verschillende (kleine) teelten te beheersen.

Klimaatverandering zal zeker invloed hebben op mogelijkheden die telers hebben om ziekten, plagen en onkruiden te beheersen. De combinatie van een veranderend neerslagpatroon over het jaar en de toename van de temperatuur beïnvloeden de faciliterende omstandigheden voor ziekten, plagen en onkruiden. Effecten van klimaatverandering op de insect/pathogeen plantrelatie kunnen daarom heel verschillend van aard zijn. Sommige ziekten en plagen zullen verdwijnen uit Nederland, terwijl anderen zich straks kunnen vestigen.

Verschuivende sociaaleconomische omstandigheden zijn direct of indirect van invloed op de plantgezondheid in de Nederlandse land- en tuinbouw. Deze betreffen voedselzekerheid, het inkomen van agrariërs, internationale handel, maatschappelijke ontwikkelingen, ketenontwikkelingen en consumentenvoorkeuren. Voedselzekerheid is niet alleen afhankelijk van de hoeveelheid voedselproductie, maar ook van de kwaliteit,

veiligheid en toegankelijkheid ervan. Het beschermen van de plantgezondheid draagt bij aan voldoende en veilig voedsel. Het gebruik van schadelijke gewasbeschermingsmiddelen kan echter de kwaliteit van voedsel beïnvloeden, terwijl het ontbreken van middelen bij bepaalde ziekten en plagen juist een bedreiging kan vormen voor de voedselveiligheid. Voedselzekerheid is een internationaal vraagstuk dat in de context van Nederland minder prominent is, maar vanwege de verwachte groei van de wereldbevolking naar 10 miljard mensen in 2050, zijn effectieve methoden voor de beheersing van ziekten, plagen en onkruiden nodig.

Het **aandeel van gewasbeschermingskosten** in de totale kosten van een teeltproces, kan sterk verschillen tussen sectoren. In de glasgroenteteelt ligt dit aandeel op ongeveer 2% en in de akkerbouw op ongeveer 11%. Sectoren zoals de bloembollenteelt en de fruitteelt zitten daar met respectievelijk 8% en 5% tussenin. In de meeste sectoren is dit aandeel stabiel. Er is vooralsnog geen redenen om aan te nemen dat de ontwikkelingen in het inkomen van de boer gevolgen heeft voor de plantgezondheid en de toegepaste gewasbescherming. Wel is de verwachting dat duurzamere teeltmethoden duurder zullen zijn en dat daarmee de kosten van gewasbescherming ook een groter aandeel van de totale kosten zullen zijn.

De **internationale handel** en bijbehorende harmonisatie van logistieke standaarden en elektronische handel, standaardisatie van kwaliteit, snelle controle en douaneafhandeling raakt aan plantgezondheid. De eis om vrij te zijn van ziekten en plagen is mede bepalend voor het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen.

Ketenontwikkelingen en consumentengedrag worden beïnvloed door **duurzaamheidsstandaarden en keurmerken**. Ketenpartners eisen vaak naleving van deze standaarden, waardoor er incentives ontstaan om duurzame productieprocessen te bevorderen. Gewasbescherming is een belangrijk aspect binnen deze ontwikkelingen. Verschillende initiatieven en samenwerkingsverbanden, zowel publiek-privaat als privaat, streven naar duurzame handel in diverse productgroepen. Private initiatieven nemen toe, maar er is behoefte aan harmonisatie tussen deze initiatieven. Duurzame voedselconsumptie neemt toe in Nederland, maar dit betekent niet automatisch dat consumenten bereid zijn meer te betalen voor producten met een laag middelengebruik.

Maatschappelijke ontwikkelingen richten zich vaak op negatieve gevolgen van gewasbescherming, zoals milieuschade en gezondheidsrisico's. NGO's spelen hierin een rol en stimuleren het maatschappelijk debat. Er is een **discussie gaande over de schadelijke gezondheidseffecten** van gewasbeschermingsmiddelen. Onderzoek heeft aangetoond dat verschillende stoffen, waaronder gewasbeschermingsmiddelen, in de bodem en oppervlaktewater in de omgeving van teeltgebieden voorkomen. Hoewel de normen niet zijn overschreden, zorgt dit onderzoek voor onrust onder omwonenden en wordt de roep om een verbod luider.

De wet- en regelgeving op het gebied van plantgezondheid is voortdurend in ontwikkeling. Enerzijds worden wetten periodiek geëvalueerd om te controleren of de gestelde doelen worden behaald en of de aanpak doeltreffend is. Anderzijds moet de wetgeving voortdurend inspelen op maatschappelijke trends. Deze trends worden geïntegreerd in beleidsnotities en plannen door de Europese Commissie en de Nederlandse overheid. Een belangrijke nieuwe trend is de **Europese Green Deal**, waarmee de Europese Commissie beoogt een significante bijdrage te leveren aan het voorkomen van klimaatverandering, milieuverontreiniging en het beperken van de gevolgen daarvan. Voor de verduurzaming van het voedselsysteem is de **Farm to Fork** Strategie ontwikkeld als onderdeel van de Green Deal. Deze strategie bevat doelstellingen voor gewasbescherming, waaronder het verminderen van het risico en het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen met 50%, en het verminderen van het gebruik van gevaarlijkere gewasbeschermingsmiddelen, ook wel bekend als "candidates for substitution". Een algemene trend in het overheidsbeleid, die ook zichtbaar is binnen de EU, is dat doelstellingen minder vrijblijvend worden en dat de publieke druk om te verduurzamen toeneemt.

De voorgaande overwegingen zijn de basis voor de volgende aanbevelingen:

Aanbevelingen

Investeer in de ontwikkeling van weerbare teeltsystemen. Focus daarbij op:

- kennis over hoe kassen, percelen of boomgaarden kunnen worden ingericht om beneficials te stimuleren;
- het begrijpen van de relatie tussen gewasdiversiteit in tijd en ruimte en de populatiedynamica van ziekten en plagen;
- Het identificeren van de juiste samenstelling van natuurlijke vegetatie en het effectief inzetten van functionele agrobiodiversiteit.

Investeer in de praktisch toepasbare kennis over de interactie tussen (biologische) bodemkwaliteit en de weerbaarheid van de bodem tegen ziekten en plagen. Focus daarop op:

- Systeemweerbaarheid (vruchtopvolging);
- Voldoende brede kennis over de waardplantstatus en schadegevoeligheid van gewassen voor aaltjes, schimmels en insecten;
- Microbiële ziekteverendheid;
- Kennis over de effecten van type organische stof bronnen, dosering en moment van toepassen op ziekteverendheid;
- Inzicht in technieken en maatregelen waarmee de biologische bodemsamenstelling gestuurd kan worden;
- Abiotische ziekteverendheid.

Investeer in de ontwikkeling van robuuste rassen door:

- De ontwikkeling van wetenschappelijke kennis van gevoeligheidsmechanismen en hoe deze genetisch gereguleerd worden, zoals dat ook voor resistentie is gedaan.
- De ontwikkeling van beslissingsondersteunende systemen voor effectief resistentiemanagement met achterliggende kennis van pathotypes en werking van resistentiegenen.
- De ontwikkeling van wetenschappelijke kennis over de interactie tussen weerbaarheid van de plant met weerbaarheid op systeemniveau.
- Rassen met resistentie tegen meerdere ziekten en plagen
- Telers voldoende middelen en maatregelen te bieden voor goed resistentiemanagement van de rassen die nu al wel beschikbaar zijn, om verlies van resistenties te voorkomen.

Stimuleer ontwikkeling en gebruik van schoon uitgangsmateriaal:

- Investeer in de ontwikkeling van lineaire systemen voor de opkweek van schoon uitgangsmateriaal uit weefselkweek in de kas voor bollen;
- Investeer in de ontwikkeling van hybride zaadvermeerdering i.p.v. vegetatieve vermeerdering;
- Zorg voor een brede beschikbaarheid van Kwaliteitsplus certificeringsschema's.

Verbeter het gebruik van nuttige organismen:

- Investeer in de ontwikkeling van betrouwbare biologische bestrijders in met name de open teelten;
- Ontwikkel kennis over de relatie tussen gebiedsinrichting en de aanwezigheid van functionele agrobiodiversiteit op het perceel;
- Ontwikkel maatregelen die specifiek de aanwezigheid van natuurlijke vijanden bevorderen in een teelt.

Stimuleer de ontwikkeling van precisietechnieken voor gewasbescherming:

- Ontwikkel beslis- en actieregels die detectie van ziekten, plagen en onkruiden koppelen aan de juiste maatregelen (timing en dosering) voor laag risico middelen;
- Investeer in plantgericht behandelen (integratie van detectie, beslissen en actuatie op veldrobots) voor de Nederlandse teeltsystemen omdat internationaal naar de grootschalige teelten gekeken wordt als soja, mais en granen;
- Stimuleer digitalisering van landbouwbedrijven met verbetering van de data-infrastructuur op het boerenbedrijf en bijhorende data-governance;
- Draag zorg voor snelle detectietechnieken (moleculair of sensorisch) voor gangbare ziekten, plagen en onkruiden.

Houd het kennisniveau dat nodig is voor fytosanitaire borging, op peil:

- Zorg voor voldoende taxonomische kennis van Q-organismen;
- Investeer in betrouwbare sequentiegegevens in internationale databases;
- Investeer in goed gekarakteriseerde referentiecollecties van Q-organismen.

Verbeter de slagvaardigheid om tijdig in te kunnen spelen op trends op het gebied van beschikbaarheid van werkzame stoffen (EU) en gewasbeschermingsmiddelen (NL):

- Maak een overzicht van beschikbare middelen voor de beheersing van ziekten, plagen en onkruiden per gewas voor een goed inzicht in beschikbaarheid van effectieve middelen;
- Stimuleer de ontwikkeling van voldoende laag risico stoffen, waaronder micro organismen, voor de binnen en buiten teelten. Besteed daarbij voldoende aandacht aan de voor Nederland belangrijke, maar internationaal, kleine teelten.

Verbeter de slagvaardigheid om te kunnen anticiperen op klimaatverandering:

- Voer analyses van effecten van klimaatverandering en klimaatscenario's op het voorkomen van ziekten en plagen in Nederlandse teelten uit;
- Ontwikkel adaptatiemaatregelen om efficiënt om te kunnen gaan met de effecten van klimaatverandering, specifiek gericht op ziekten, plagen en onkruiden. Focus dan met name gericht op de nieuwe ziekten en plagen die hun intreden aan het doen zijn, of gaan doen;
- Ontwikkel rassen die bestand zijn tegen de bedreigingen van klimaatverandering.

1 Inleiding

Over plantgezondheid

Plantgezondheid gaat over groeiomstandigheden voor en genetische aanleg van planten, over de effecten die dat heeft op de opbrengst van gewassen, over mogelijkheden om die omstandigheden en aanleg op allerlei manieren te beïnvloeden, en over de (potentiële) implicaties die toepassing van die mogelijkheden hebben op de plant zelf, op de omgeving van de plant, en op consumenten van de plant. Plantgezondheid is ook een complex begrip. Want gaat het dan niet alleen over een plant die vrij is van bepaalde ziekten en plagen (met behulp van bepaalde gewasbeschermingsmiddelen), maar ook over een plant die in zichzelf gezond is, en daardoor weerbaar tegen ziekten en plagen. Het gaat ook niet alleen om het kijken naar de gezondheid van de plant op zichzelf, maar om gezondheid van de plant en die van de (directe) omgeving. Plantgezondheid in de context van land- en tuinbouw gaat over productie – hoe kan plantgezondheid bevorderd worden t.b.v. goede productie -, maar ook over trade-offs ten aanzien van de gezondheid van een aantal andere zaken die we als maatschappij belangrijk vinden, zoals die van bodem, biodiversiteit, en, direct en indirect, gezondheid van mensen. In dit rapport over de staat van de Nederlandse plantgezondheid in land- en tuinbouw trachten we recht te doen aan die verschillende facetten van plantgezondheid.

Over gewasbescherming

Agrariërs gebruiken gewasbeschermingsmiddelen om schade aan het gewas of oogstbaar product te voorkomen. Hierdoor wordt opbrengstderving voorkomen en kan voldaan worden aan markt-, kwaliteits- en fytosanitaire eisen. Deze schade kan veroorzaakt worden door een ziekte (als gevolg van een schimmel, bacterie of virus), een plaag (veroorzaakt door aaltjes, insecten of mijten) of door onkruiden. Dat belemmert de groei van het gewas waardoor een gewas minder opbrengst heeft. Een ziekte of plaag vermindert ook de kwaliteit van het oogstbare product door bijvoorbeeld rotte plekken of vraatschade, waardoor het product niet meer aan de eisen van de afnemer voldoet. Ziekten kunnen daarnaast gifstoffen produceren die schadelijk zijn voor de mens en dier. Ook onkruiden kunnen problemen veroorzaken; direct, zoals door competitie voor o.a. nutriënten en licht die nodig zijn voor gezonde gewasgroei, en indirect, door kwetsbaarder worden voor ziekten en plagen vanwege die competitie, en omdat onkruiden waardplanten voor ziekten en plagen kunnen zijn.

Maatschappelijk zowel als in de agrarische sector, leeft de wens tot verlaging van risico's, vermindering van gebruik en van emissies van gewasbeschermingsmiddelen. Er zijn zorgen over mogelijke gevolgen voor de gezondheid van mens, dier en milieu. Dat blijkt onder andere ook op Europees Niveau uit de Richtlijn 2009/128/EC over duurzaam gebruik van gewasbeschermingsmiddelen, en waarin in 2014 de verplichting tot toepassing van de principes van geïntegreerde gewasbescherming bij gebruik van gewasbeschermingsmiddelen wordt beschreven³. De effecten van die richtlijn zijn in de praktijk tot nog toe relatief beperkt⁴. In 2020 publiceerde de EU de Farm to Fork Strategy⁵ met een verdere aanscherping van de ambities. Op 22 juni 2022 heeft de EC een concept Verordening aangenomen, "Sustainable Use Regulation" Dit beoogt het volgende: a) het vaststellen van wettelijk bindende doelen op EU en nationaal niveau ten aanzien van het verminderen van het gebruik en risico door chemische gewasbeschermingsmiddelen in het algemeen, en specifiek het verminderen van gebruik van meer schadelijke gewasbeschermingsmiddelen met 50% in 2030, b) maatregelen gericht op het gebruik van geïntegreerde gewasbescherming door telers en andere professionele gebruikers, waarbij chemie wordt gezien als laatste redmiddel, inclusief verplichte registratie van activiteiten, en het vaststellen van gewas specifieke alternatieven voor chemie door de individuele lidstaten, c) een verbod op het gebruik van alle gewasbeschermingsmiddelen in gevoelige gebieden, zoals gemeentelijk groen, sportvelden, natura 2000 gebieden.

³ https://ec.europa.eu/food/plants/pesticides/sustainable-use-pesticides/integrated-pest-management-ipm_en

⁴ EPRS_STU(2018)627113_EN.pdf (europa.eu)

⁵ f2f_action-plan_2020_strategy-info_en.pdf (europa.eu)

Aanleiding voor en bedoeling van dit rapport

In 2019 werd de Toekomstvisie Gewasbescherming 2030 aan de Tweede Kamer gepresenteerd, en in 2020 werd die gevolgd door het Uitvoeringsprogramma Toekomstvisie gewasbescherming 2030. Dit uitvoeringsprogramma geeft invulling aan de in de toekomstvisie benoemde transitie naar weerbare plant- en teeltsystemen. In dit uitvoeringsprogramma zijn een groot aantal partijen als partner betrokken⁶. De toekomstvisie en het uitvoeringsprogramma bouwen voort op de wens die leeft in de Nederlandse maatschappij, inclusief de agrarische sector, t.a.v. verlaging van risico's, en vermindering van gebruik en van emissies van gewasbeschermingsmiddelen. Onderdeel van het Uitvoeringsprogramma is het zicht krijgen op voortgang richting het in de Toekomstvisie geschetste wenkend perspectief. Het is daarom de bedoeling dat elke vijf jaar de "staat van de Nederlandse plantgezondheid" wordt uitgebracht, met daarin de state-of-art, verwachte trends en opgaven richting 2030. Dit is inclusief het zicht houden op ontwikkelingen t.a.v. ziekten, plagen, en onkruiden, waarover voor het laatst in 2016 werd gerapporteerd⁷.

Dit rapport volgt deze bedoeling van het Uitvoeringprogramma op. Het rapport adresseert de volgende vragen:

1. Welke trends zijn er in het optreden van ziekten, plagen en onkruiden in Nederland?
2. Welke trends zijn er op gebied van fyto-sanitair beleid en eisen van derde landen ten aanzien van de gezondheid en kwaliteit van plantaardige producten?
3. Wat zijn de belangrijkste trends op het gebied van beschikbaarheid van werkzame stoffen op Europees niveau en van gewasbeschermingsmiddelen op nationaal niveau?
4. Wat zijn de belangrijkste trends op het gebied van beschikbare maatregelen, zoals weerbare gewassen, technische maatregelen, bodemkwaliteit e.d.?
5. Wat betekenen de trends voor agrarische ondernemers in de verschillende sectoren?
6. Welke invloed hebben ontwikkelingen zoals klimaatverandering en internationale handel hierop?
7. Welke invloed hebben economische ontwikkelingen hierop?
8. Welke invloed heeft (inter-)nationale wet- en regelgeving hierop?

Dit rapport betreft de eerste Staat van de Nederlandse Plantgezondheid. *De focus is land- en tuinbouw.* Er is gekozen voor het clusteren van bevindingen in relatie tot vier sectoren: Akkerbouw en vollegrondsgroenten, Fruitteelt, Glastuinbouw, en Bloembollenteelt. Het rapport geeft een duiding van de stand van zaken anno 2023, waarbij data gebruikt zijn die vaak 5 jaar en soms nog iets langer terug kijken. Dit is nodig om niet slechts een statisch beeld te schetsen van de staat van de Nederlandse Plantgezondheid, maar ook een meer dynamisch beeld van trends en ontwikkelingen. Hierin zijn we afhankelijk van de beschikbaarheid van data. De partners in het Uitvoeringsprogramma hebben zowel een eerste geannoteerde inhoudsopgave, als een conceptversie van het volledige rapport becommentarieerd, en deze feedback is vervolgens verwerkt door de schrijvers van de verschillende onderdelen van het rapport.

In relatie tot de hierboven geschetste context is op nationaal niveau door Nederland een Toekomstvisie gewasbescherming 2030⁸ geschreven. De volledige titel is, Toekomstvisie gewasbescherming 2030 - naar weerbare planten en teeltsystemen. De kern van de visie is als volgt beschreven:

"In 2030 bestaat de land- en tuinbouw in Nederland uit een duurzame productie met weerbare planten en teeltsystemen, waardoor ziekten en plagen veel minder kansen krijgen en het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen zo veel mogelijk kan worden voorkomen. Daar waar gewasbeschermingsmiddelen worden gebruikt, is dit conform de principes van geïntegreerde gewasbescherming, nagenoeg zonder emissies naar het milieu en nagenoeg zonder residuen. Hiermee wordt tegelijkertijd een blijvend economisch perspectief voor de land- en tuinbouw gerealiseerd."

⁶ Vereniging Artemis; Vereniging Cultuurtechnische werken en Grondverzet, Meststoffendistributie en Loonwerken in de Agrarische sector in Nederland (Cumela); Fedecom; Land- en tuinbouw Organisatie Nederland; Stichting Natuur en Milieu; Nederlandse Stichting voor Fytofarmacie (Nefyto); Plantum NL; Unie van Waterschappen; Vereniging Agrodis; Vereniging van waterbedrijven in Nederland (VEWIN); het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV) (waaronder NVWA, Ctgb en RVO.NL); het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat.

⁷ <https://www.nvwa.nl/documenten/plant/gewasbescherming/publicaties/rapportage-monitoring-ziekten-plagen-en-onkruiden-voor-de-periode-2009-2016>.

⁸ <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2019/04/16/toekomstvisie-gewasbescherming-2030-naar-weerbare-planten-en-teeltsystemen>

Ten behoeve van de opvolging van deze visie is een uitvoeringsprogramma Toekomstvisie gewasbescherming 2030⁹ opgezet waarin gezocht moet worden naar oplossingen voor de problemen van vandaag, en naar antwoorden op de uitdagingen van morgen. Dat vereist kennis van verwachte trends en daaruit voortkomende kansen en bedreigingen richting 2030, zoals bijvoorbeeld de opkomst van nieuwe ziekten, plagen en onkruiden en de effecten van autonome ontwikkelingen hierop, zoals klimaatverandering, economie en handel, maatschappelijke opgaven en wet- en regelgeving. De speelruimte om hierop te anticiperen verschilt per sector. De kennis uit de Staat van Nederlandse Plantgezondheid kan hiervoor worden benut.

Er is veel gaande in Nederland rond plantgezondheid in het algemeen en gewasbescherming in het bijzonder. Daarom zijn een aantal afbakeningen gemaakt. Dit rapport gaat niet over de impact van gewasbeschermingsmiddelen op het milieu, maar geeft informatie over beschikbaarheid van middelen en het gebruik daarvan. Verder betreft dit rapport ook niet een evaluatie van beleid en beleidsuitvoering rond gewasbescherming en van de effecten van keuzes die in het verleden zijn gemaakt. Tot slot, waar mogelijk worden kwantitatieve gegevens gerapporteerd, maar een deel van trends, bijvoorbeeld in relatie tot de mate waarin bepaalde teeltmaatregelen toegepast worden, worden niet systematisch gemonitord en daarover bestaan dan ook geen data.

Prototype

Zoals eerder genoemd, is het de bedoeling dat (ongeveer) om de vijf jaar de Staat van de Nederlandse Plantgezondheid in land- en tuinbouw beschreven wordt. Dit is de eerste editie. Om de volgende editie zoveel mogelijk vergelijkbaar te kunnen maken met deze editie, wordt in bijlage één een korte beschrijving van de methodische aanpak gegeven, zowel voor het geheel als voor de verschillende onderdelen van dit rapport, naast een uitgebreide lijst van bronnen waaruit geput is bij het schrijven van dit rapport. In het schrijven van de volgende editie kan dan zoveel mogelijk van dezelfde (althans de nieuwe versie daarvan) bronnen of dezelfde type bronnen, dan wel vergelijkbare bronnen gebruik gemaakt worden. In de volgende editie zullen de huidige beschrijvingen als uitgangspunt genomen kunnen worden, en per onderdeel kan dan worden aangegeven wat op welke manier en in welke mate veranderd is. Een dergelijke duiding was nog niet mogelijk in deze eerste editie, omdat er niet eerder zo'n baseline vastgesteld was. De volgende editie zal daarom ook meer mogelijkheden bieden voor het duiden van veranderingen en trends op het vlak van gewasbescherming.

Inhoud van dit rapport

Hoofdstuk twee beschrijft welke ziekten, plagen, en onkruiden belangrijk zijn voor de Nederlandse land- en tuinbouw, en op welke manier zij een bedreiging vormen. Hoofdstuk drie geeft een overzicht van fyto-sanitair beleid en derde landen en de implicaties hiervan voor teelten en telers in de vier hoofdsectoren die de focus zijn van dit rapport. Hoofdstuk vier geeft een algemeen overzicht van de beschikbaarheid van werkzame stoffen en gewasbeschermingsmiddelen die een rol spelen of kunnen spelen in het tegengaan van plantenziekten en plagen. Dit wordt vervolgens nader toegespitst op de vier hoofdsectoren die de focus zijn van dit rapport. Hoofdstuk vijf geeft een algemeen overzicht van mogelijkheden voor weerbare teeltsystemen die bijdragen aan minder afhankelijkheid van gewasbeschermingsmiddelen. Hoofdstuk zes geeft vervolgens een meer toegespitst overzicht per sector, van ontwikkelingen richting weerbare teeltsystemen met minder afhankelijkheid van gewasbeschermingsmiddelen. Hoofdstuk zeven schetst de bredere context voor plantgezondheid in Nederland door het bespreken van relevante autonome ontwikkelingen: klimaatverandering, sociaaleconomische ontwikkelingen, en wet- en regelgeving. Hoofdstuk acht sluit deze Staat van de Nederlandse plantgezondheid in land- en tuinbouw af met het bespreken van witte vlekken en uitdagingen richting 2030 voor plantgezondheid en voor telers, waarna hoofdstuk negen met conclusies het rapport afrondt.

⁹ <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/kamerstukken/2020/09/28/uitvoeringsprogramma-toekomstvisie-gewasbescherming-2030>

2 Trends in het optreden van Ziekten, Plagen en Onkruiden

Dit hoofdstuk brengt ontwikkelingen in het optreden van ziekten, plagen en onkruiden in land en tuinbouw in Nederland middels een monitoring in kaart. In 2016 is een vergelijkbare monitoring gedaan (de monitoring ziekten, plagen en onkruiden (MZPO) over de periode 2009-2016 (Jilesen et al., 2017)).

De monitoring is uitgevoerd door het interviewen van deskundigen op het gebied van teelt en gewasbescherming uit de sectoren akkerbouw, vollegrondsgroenten, glasgroenten en bloemisterij, fruitteelt, bloembollen, boomkwekerij & vaste planten en paddenstoelen. Deze kerninformanten vertegenwoordigen praktijk, voorlichting en onderzoek (bijlage 1). De interviews vonden plaats aan de hand van een vaste vragenlijst (zie bijlage 2), en voornamelijk digitaal, in verband met de op dat moment geldende corona maatregelen. Interviews met telers waren hier geen onderdeel van.

De vragenlijst richtte zich op:

1. het verkrijgen van informatie over het optreden van ziekten, plagen en onkruiden, en veranderingen daarin ten opzichte van 2016 (zie 2.1);
2. de mogelijke implicaties van de veranderingen in voorkomen van ziekten, plagen en onkruiden voor agrarische ondernemers en de internationale handel (zie 2.2).

Op basis van de interviews met kerninformanten zijn de lijsten met (potentieel) verontrustende ziekten, plagen en onkruiden (ZPO's) per sector geüpdatet (Bijlage 3). Alle ZPO's die in 2022 meer (potentieel) verontrustend waren dan in 2016, zijn vetgedrukt in de tabellen. Ook de informatie genoemd in 2.2 is afkomstig van de interviews die zijn gehouden met de kerninformanten en vanuit de experts van de partners van het Uitvoeringsprogramma. Voor alle onderdelen van hoofdstuk 2 is dus uitsluitend gebruik gemaakt van bestaande informatie uit het NVWA-rapport en de interviews met de kerninformanten.

Toelichting op gebruikte terminologie

Verontrustende ziekte, plaag of onkruid:

Een ziekte, plaag of onkruid welke niet te bestrijden is met het huidige middelen- en maatregelenpakket, of dat deze uitsluitend beheerst kan worden met grote inzet van gewasbeschermingsmiddelen

Potentieel verontrustende ziekte, plaag of onkruid:

Een ziekte, plaag of onkruid welke op korte termijn mogelijk niet (meer) te bestrijden is met het huidige middelen- en maatregelenpakket, of dat deze uitsluitend beheerst kan worden met grote inzet van gewasbeschermingsmiddelen.

2.1 Monitoring: verontrustende ziekten, plagen en onkruiden in 2022

In totaal zijn er in 2022, in alle sectoren bij elkaar, 148 verontrustende ontwikkelingen vastgesteld (Tabel 2.1). Dit is een toename van 34% ten opzichte van 2016. Ook de vondst van Q organismen wordt als een verontrustende ontwikkeling gezien. Als voornaamste redenen wordt genoemd dat er onvoldoende bestrijdingsopties zijn door een te beperkt middelen- en maatregelenpakket door het niet langer toegelaten zijn van bepaalde middelen, een beperkt werkingsspectrum van beschikbare middelen, of door een beperking van het aantal toepassingen dat toegestaan is. Daarnaast werden resistentiedoorbraak, strengere exporteisen die aan producten gesteld worden, het beperkt kunnen combineren van chemische gewasbeschermingsmiddelen met andere middelen en maatregelen, en een toename van invasieve plagen en ziekten als redenen aangemerkt. Door de afname van het aantal toegelaten toepassingen wordt de druk op het middelenpakket groter en wordt het risico op resistentie-ontwikkeling groter.

Er zijn 11 ontwikkelingen die niet langer verontrustend zijn in 2022. Dit is vanwege het beschikbaar komen van resistente rassen, het beschikbare komen van een goede IPM strategie, en uitbreiding van het middelenpakket met (laag-risico) middelen.

Tabel 2.1. Overzicht van het aantal verontrustende ontwikkelingen per sector en over de sectoren heen.

Sector	Totaal in 2022	In 2016 verontrustend	Nieuwe verontrustende ontwikkeling in 2022	Niet langer verontrustend in 2022	Potentieel verontrustende ontwikkelingen in 2022
Akkerbouw- en vollegrondsgroente	37	25	14	2	10
Glasgroente en bloemisterij	34	30	10	2	1
Fruitteelt	18	11	7	1	9
Bloembollen	29	18	7	0	4
Boomkwekerij & vaste planten	23	18	10	5	2
Paddenstoelen	7	8	0	1	0
Totaal	148	110	48	11	26

Een overzicht van de verontrustende ontwikkelingen per sector, met toelichting daarbij, staat beschreven in bijlage 3.

2.2 Implicaties van de ontwikkelingen ten aanzien van verontrustende Ziekten, Plagen en Onkruiden

De toename van het aantal verontrustende ziekten, plagen en onkruiden is een ongewenste ontwikkeling voor de verschillende sectoren. Uit de interviews bleek dat de sectoren in 2022 nog altijd een grote afhankelijkheid van gewasbeschermingsmiddelen ervaren. Dit blijkt ook uit het toenemende aantal vrijstellingen dat voor gewasbeschermingsmiddelen in specifieke gewassen wordt aangevraagd (zie ook Figuur 4.1.16).

De implicaties die volgens de kerninformanten met de toename van ziekten, plagen en onkruiden samengaan, betreffen een hogere arbeidsbehoefte, hogere kosten die bestrijding met zich meebrengt, doorbraak van resistenties in resistente rassen, een grotere behoefte aan nieuwe percelen (specifiek voor bollen), verminderde opbrengst en afkeuring van partijen in de internationale handel.

In 2016 werden ook al zorgen gesignaleerd ten aanzien van een verwachte toekomstige toename van het aantal verontrustende ziekten, plagen en onkruiden als gevolg van een smaller gewasbeschermingsmiddelenpakket (Jilesen, 2017).

Tegelijkertijd werden een aantal oplossingsrichtingen benoemd (Jilesen, 2017) waarmee telers hun afhankelijkheid van gewasbeschermingsmiddelen kunnen verkleinen en het aantal toepassingen van alternatieven vergroten. Het gaat dan om het volgende:

- 1) Het aanpassen van teeltsystemen, zoals:
 - Het telen van gewassen uit de grond om bodemziekten en plagen te vermijden,
 - Het gebruik van overkappingen, netten en omheiningen om fysieke barrières op te werpen.
- 2) Het beter benutten en implementeren van bestaande kennis, ook uit de biologische sector.
- 3) Kennisontwikkeling op het gebied van:
 - Biologische bestrijders in gesloten en open teelten (inclusief stimuleren van reeds aanwezige natuurlijke vijanden),
 - Monitoringssystemen waarmee herkenning van ziekten, plagen en onkruiden in een vroeg stadium mogelijk wordt,
 - Beslissingssystemen waarmee ingrijpen in het juiste stadium en met de juiste methode pleksgewijs mogelijk wordt (precisielandbouw en robotica).
- 4) Duurzaam bodembeheer:

-
- Investeren in een duurzame bodem met benutting van bodemleven, voorkomen van verdichting en een hoger organisch stofgehalte,
 - Ontwikkeling van een bodem APK met chemische, fysische en biologische kwaliteitsindicatoren,
 - Meer ruimte voor vruchtwisseling en extensivering van de open teelten. Op bedrijfsniveau, en als dat niet mogelijk is via een regionale aanpak,
 - Benutten van inundatie, groenbemesters en vanggewassen als alternatief voor chemische bodemontsmetting.
 - Grotere gewasdiversiteit in de ruimte.
- 5) Preventie en hygiëne
- Gebruik van schoon uitgangsmateriaal,
 - Voorkomen van gebruik van besmet plantmateriaal van jaar op jaar zoals in de bollenteelt,
 - Voorkomen van besmetting via grond en gewasresten bij oogst en verwerking.
- 6) Marktontwikkelingen:
- Werken aan acceptatie van producten met cosmetische schade door de consument,
 - De consument bewust maken van seizoensgebonden telen in relatie tot duurzaamheid,
 - Gericht werken aan resistente rassen voor gesignaleerde ontwikkelingen,
 - Een certificaat ontwikkelen dat zich richt op inzet van IPM maatregelen ipv alleen residue-eisen of exclusie van bepaalde middelen.
- 7) (Toelatings-) beleid:
- Het op Europees niveau duidelijkheid scheppen ten aanzien van genetische technieken als CRISPR-Cas,
 - Het inzetten op fundamenteel en praktijkgericht onderzoek naar breed toepasbare effectieve bestrijdingsmethoden en technieken,
 - Het onderzoeken van mogelijkheden voor een vereenvoudigde toelating van laag risico middelen en basisstoffen,
 - Het verruimen van mogelijkheden voor pleksgewijze toepassingen en lage doseringssystemen,
 - Het stimuleren van de beschikbaarheid van groene middelen (laag risico middelen en basisstoffen),
 - Het inzetten op prikkels die leiden tot melden van besmettingen in het geval van teeltvoorschriften.

Een zestal jaar later wordt een aantal van deze oplossingsrichtingen door kerninformanten benoemd als nog onvoldoende (snel) ontwikkeld om de implicaties van de verontrustende ontwikkelingen in 2022 te beperken. Zo worden de ontwikkelingen op het gebied van akkerranden en natuurlijke vijanden, resistente rassen, monitoringssystemen waarmee herkenning van ziekten, plagen en onkruiden in een vroeg stadium mogelijk is, en precisielandbouw en robotica genoemd als potentiële oplossingsrichtingen, maar ook als nog onvoldoende ontwikkeld of te duur. Daarnaast wordt het risico op de overwintering van ziekten, plagen en onkruiden als gevolg van klimaatverandering benoemd.

In onderstaande paragrafen worden de genoemde voorbeelden van sectorspecifieke implicaties beschreven.

Akkerbouw en vollegrondsgroente

Voor de akkerbouw en vollegrondsgroente teelt worden door de kerninformanten in 2022 een aantal gevolgen van de toename van het aantal verontrustende ontwikkelingen benoemd. Zo wordt een toename gezien van plagen als trips, luis en uienvlieg in ui en suikerbiet na het niet langer beschikbaar zijn van actieve stoffen als clothianidin, fipronil, imidacloprid en thiamethoxam, die in zaadcoatings werden gebruikt. Zij geven ook aan dat telers als alternatief volvelds curatieve middelen inzetten, maar dat deze een onvoldoende effect hebben en een hogere financiële kostenpost met zich meebrengen. De inzet van akkerranden en het stimuleren van reeds aanwezige natuurlijke vijanden wordt hierbij benoemd als een potentiële, maar nog onvoldoende ontwikkelde oplossingsrichting.

Naast insectenplagen wordt ook valse meeldauw in 2022 als nieuwe verontrustende ontwikkeling benoemd. De verminderde beschikbaarheid van breedwerkende fungiciden wordt als voornaamste oorzaak genoemd. De economische schade kan oplopen tot 50% wanneer de infectie vroeg in het jaar valt.

Een oplossingsrichting hiervoor, één die ook in de praktijk toegepast wordt, is het telen van een resistent ras. Er is echter het risico dat deze resistenties doorbroken kunnen worden, zeker wanneer deze op 1 gen gebaseerd zijn.

Dit lijkt nu voor de resistentie tegen meeldauw in ui te zijn gebeurd. De ontwikkeling van resistente rassen blijft niettemin van belang, waarbij er nadrukkelijk aandacht moet zijn voor resistentie management.

In gewassen als sla, ui en peen wordt een stijging van de arbeidsbehoefte en -kosten gesignaleerd door een toename van het aantal onkruiden. Mechanische onkruidbestrijdingstechnieken zijn nog altijd niet zo effectief als herbiciden. De ontwikkeling van precisietechnieken waarmee dicht op de plant onkruid gewied kan worden, is nog niet ver genoeg ontwikkeld om de stijging in arbeidsbehoefte en -kosten te kunnen compenseren.

Glasgroente en bloemisterij

De arbeid die nodig is voor taken die samenhangen met het goed monitoren van ziekten en plagen, en het beheersen van deze organismen, is in deze teelten toegenomen. Denk hierbij aan scouten, ziek zoeken, uitval verwijderen en het opschonen van de afzet. Deze extra arbeid geeft een grote kostenpost voor de telers. Ook neemt het financieel rendement van de teelt af en begint meer te fluctueren (afhankelijk van de plaagintensiteit).

Fruitteelt

In de meerjarige teeltsystemen van de fruitteelt wordt langdurig gewerkt met hetzelfde gewas op hetzelfde perceel. Door zachtere winters en warmere zomers worden insecten- en mijtenplagen relatief belangrijker. Zo overwintert de appelbloedluis op de wortelhals of op de wortels van de boom in de boomgaard, waarna ze in het voorjaar weer actief worden. Door de zachtere winters overwintert de plaag in steeds grotere aantallen op de bovengrondse delen van de boom, en ontwikkelt zich steeds vroeger in het voorjaar.

De appelbloesemkever populaties hebben zich op veel bedrijven kunnen opbouwen, omdat breedwerkende gewasbeschermingsmiddelen die ook de appelbloesemkever beheersten, niet langer beschikbaar zijn. Maximale benutting van natuurlijke vijanden en cultuurmaatregelen kunnen een bijdrage leveren vanuit een systeemaanpak, maar deze zijn in veel gevallen nog onvoldoende rijp voor toepassing in de praktijk.

Voor de teelten waarin suzuki-fruitvlieg aanwezig is, is de arbeidsinzet sterk gestegen. Er moet frequenter worden geplukt om te voorkomen dat er zich larven ontwikkelen in de rijpe vruchten. Daarnaast moet er schoner worden geoogst om alle mogelijke voortplantingsbronnen van de suzuki-fruitvlieg, zoals rot en overrijp fruit uit het perceel te verwijderen. Als extra maatregel kan er ook insectengaas geïnstalleerd worden om de vliegen buiten te sluiten. Deze maatregelen resulteren in een hogere kostprijs.

Bloembollen

In de bloembollenteelt brengen ziekten, plagen en onkruiden in toenemende mate arbeid ingezet worden, met name voor het uitsorteren van aangetaste bollen en het bestrijden van onkruid met gereduceerde herbicide inzet. Voor kleine bedrijven wordt de onkruidbestrijding daardoor te arbeidsintensief om betaalbaar te blijven, waardoor deze bedrijven mogelijk zullen verdwijnen.

Voor de internationale handel in bollen loopt men door de ziekten en plagen aan tegen de toleranties die landen stellen voor de geïmporteerde bollen. Veel landen hebben wat betreft de import van bollen een nultolerantie op het gebied van virussen. Een virus gaat mee in het bolgewas en kan er bij detectie toe leiden dat de hele partij bollen afgewezen wordt. Deze nultolerantie zorgt ervoor dat telers alles op alles moeten zetten om de aanwezigheid van een virus in de bol te voorkomen. Daarom is schoon uitgangsmateriaal bij de start van de teelt van cruciaal belang, evenals een goede beheersing van vectoren.

Een aantal bodem-gebonden ziekten kunnen lang overleven in de grond. Hierdoor is het soms niet mogelijk om tot wel 20 jaar op deze gronden bepaalde bloembollen te telen. Daarom is de vraag naar vers land (land waar nog niet het desbetreffende gewas gestaan heeft) groot. Dit geeft wel nieuwe uitdagingen omdat dit verse land vaak niet in eigendom van de bollenteler is, verder bij het bedrijf vandaan ligt, en in regio's kan liggen waar van oudsher geen bollenteelt plaatsvindt.

3 Trends in fyto­sanitair beleid en eisen van derde landen

3.1 Stand van Zaken

3.1.1 Algemene Stand van Zaken

Fy­to­sanitaire focus

Binnen het gebied van Plantgezondheid focust het fyto­sanitair beleid zich vanuit de wet- en regelgeving op het weren, uitroeien, beheersen en vrijwaren van schadelijke plantenziekten en -plagen, zgn. quarantaine organismen (Q-organismen) en RNQP (Regulated Non-Quarantine Pests) in de land- en tuinbouw en in het openbaar groen. Ook markttoegang (import en export) en marktbehoud in derde landen is voor de Nederlandse agro- en tuinbouwsector van groot belang, vandaar dat het toezicht op 3^e landen Q's een belangrijk onderdeel is van het fyto­sanitair beleidsveld. Om de internationaal sterke positie van Nederland als handelsland te behouden en uit te breiden is het voldoen aan de internationale fyto­sanitaire eisen (door EU en derde landen) essentieel en is vroege signalering van fyto­sanitaire risico's en een proactieve beheersing ervan een vereiste. Fyto­sanitair beleid overstijgt overigens de land- en tuinbouw. Ziekten zoals *Xylella fastidiosa* kennen waardplanten in zowel de professionele teelt als in openbaar groen en bij particulieren in de tuin. Bij onverhoopte vondsten en uitbraken van dit organisme schrijft EU-regelgeving voor om alle (besmette en onbesmette) waardplanten in de omgeving op te sporen en eventueel te vernietigen.

3.1.2 Nationaal

Nationale borging fyto­sanitaire eisen

De basis voor het Nederlandse fyto­sanitaire beleid wordt gevormd door de International Plant Protection Convention (IPPC, 1951). Dit verdrag is geborgd in de Europese en Nederlandse wetgeving. Hierin staat onder meer dat ieder land een National Plant Protection Organisation (NPPO) moet hebben, gericht op fyto­sanitaire aangelegenheden. Binnen Nederland is deze rol belegd bij de Nederlandse Voedsel- en Waren Autoriteit (NVWA). Conform Artikel IV van de IPPC is een NPPO verantwoordelijk voor meerdere taken, die hieronder verder worden beschreven. Deze NPPO-taken voert de NVWA zelfstandig uit, of houdt toezicht op keuringsdiensten aan wie een aantal taken zijn gedelegeerd. Vijf onafhankelijke organisaties zijn aangewezen als keuringsdienst en bedienen elk een eigen sector. Dit zijn:

- BKD (t.b.v. bollenteelt);
- KCB (t.b.v. importinspecties, en eindproducten van bloemisterij en groente- en fruit);
- NAK (t.b.v. akkerbouwgewassen);
- Naktuinbouw (t.b.v. boomkwekerij, tuinbouw en sierteeltgewassen);
- SMTV (t.b.v. verpakkingshout).

Taken van de NPPO

De binnen de IPPC beschreven taken van de NPPO zijn onder meer:

1) Fyto­sanitaire garanties

Het afgeven van fyto­sanitaire garanties gebeurt op verschillende niveaus. Op landelijke niveau onderhoudt het NVWA bilaterale contacten met derde landen om de internationale handel in planten en plantaardige producten gecontroleerd, maar ook soepel te laten verlopen. Daarnaast worden er exportgaranties afgegeven met betrekking tot de afwezigheid van fyto­sanitair relevante organismen in specifieke gewassen of plantaardige producten. Deze worden afgegeven op basis van onderzoek naar het vóórkomen of overleven van plantpathogenen in Nederland.

Verder wordt door de NVWA toezicht gehouden op garanties die op basis van individuele zendingen worden afgegeven. Dit gebeurt bijvoorbeeld aan de hand van een plantenpaspoort: een document welke een internationale zending planten voor op-plant verplicht moet begeleiden, en informatie verstrekt over de identiteit en herkomst van een zending. Een plantenpaspoort mag alleen worden afgegeven als het plantmateriaal afkomstig is van een productielocatie die vrij is van quarantaine-organismen en RNQP's en voldoet aan de wettelijke eisen.

2) Inspectie van import en export

De NVWA is als NPPO verantwoordelijk voor de inspectie van plantaardige import- en exportzendingen met als doel het voorkomen van de verspreiding van ongewenste Q-organismen. Deze inspecties vinden veelal plaats bij de mainports, maar ook bij telers op locatie voorafgaand aan export. Een belangrijk deel van de import- en exportinspecties is gedelegeerd aan de keuringsdiensten. Wanneer er sprake is van import van risicovol materiaal, welke bedoeld is voor verdere teelt in Nederland, is de NVWA verantwoordelijk voor (toezicht op) de 'Post Entry Quarantine' maatregelen: het onder gecontroleerde omstandigheden opkweken van het materiaal, waarna deze onderzocht moet worden op het voorkomen van quarantaine organismen.

3) Risico-analyses

De NVWA is verantwoordelijk voor de risicoanalyse van (potentiële) quarantaineziekten en plagen op planten in Nederland. De Pest Risk Analyses (PRA's) worden ingegeven door signalen vanuit beleid, wetenschap, internationale gremia of de sector en worden op EU niveau afgestemd.

4) Uitvoeren van surveys

De NVWA zet monitoringprogramma's op, gericht op het controleren van bestaande teelten en openbaar groen op aan- of afwezigheid van potentiële quarantaine organismen. Deze op quarantaine-organismen gerichte surveys worden veelal in opdracht van de EU uitgevoerd. Daarnaast kunnen er ook surveys ingericht worden voor organismen die nog niet in Nederland gevestigd zijn en niet op de quarantainelijst staan, maar die op basis van signalen uit wetenschap, teelt of contacten met andere NPPO's wel als bedreigend worden ingeschat. De verkregen gegevens uit deze surveys dienen onder meer voor het vrijwaren van Nederlandse plantaardige handelsproducten met betrekking tot aanwezigheid van fyto-sanitair relevante organismen (zie punt 1). De NVWA maakt voor deze surveys veelal gebruik van de kennis en kunde van eigen inspecteurs (of van de keuringsdiensten) en voor de analyse van genomen monsters van het eigen fyto-sanitair laboratorium.

5) Vrijwaren van quarantaine-organismen

Wanneer onverhoopt een quarantaineorganisme in Nederland wordt aangetroffen, is de eigenaar van de planten of het plantmateriaal verantwoordelijk om een uitbraak in te perken. De NVWA houdt hier toezicht op. Het beheersen van crises en incidenten vereist veel capaciteit, omdat, hoewel er van tevoren op veel verschillende scenario's wordt geanticipeerd, de praktijk leert dat uitbraken zich nooit geheel conform verwachte scenario's gedragen.

6) Kennisontwikkeling en -borging

Conform de IPPC is een NPPO verplicht om het eigen personeel adequaat op te leiden en te trainen voor het uitvoeren van bovengenoemde taken. Vanwege het continu veranderende werkveld (nieuwe bedreigingen, teeltwijzen en technieken), wordt ook ingezet op doorlopende kennisontwikkeling op het gebied van plantgezondheid. Naast deze uitvoerende rol als NPPO, is de NVWA ook betrokken bij beleidsvormende activiteiten op het gebied van fyto-sanitaire aangelegenheden, waarbij, in samenspraak met LNV, deel wordt genomen aan discussies binnen internationale beleidsvormende gremia, zoals EU, EPPO en IPPC.

3.1.3 Internationaal

De volgende instanties spelen een rol in het reguleren van fyto-sanitaire zaken internationaal:

IPPC (www.ippc.int/en): De International Plant Protection Convention (IPPC) is een intergouvernementeel verdrag ondertekend door meer dan 180 landen, met als doel de wereldwijde plantaardige hulpbronnen te beschermen tegen de verspreiding en introductie van ongedierte en veilige handel te bevorderen.

EPPO (www.eppo.int): European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO) is een intergouvernementele organisatie die verantwoordelijk is voor samenwerking op het gebied van

plantgezondheid binnen de Euro-mediterrane regio. EPPO werd in 1951 opgericht door 15 Europese landen en heeft nu 52 leden.

EFSA (www.efsa.europa.eu/en): De European Food Safety Authority (EFSA) is een door de Europese Unie gefinancierd Europees agentschap dat onafhankelijk van de Europese wetgevende en uitvoerende instellingen (Commissie, Raad, Parlement) en EU-lidstaten opereert. Het werd in 2002 opgericht na een reeks voedselcrises aan het eind van de jaren negentig om een bron van wetenschappelijk advies en communicatie te zijn over risico's in verband met de voedselketen. Het agentschap is wettelijk opgericht door de EU onder de General Food Law – Verordening 178/2002. Plantgezondheid vormt een taak van de EFSA.

WTO (www/wto.org): De Wereldhandelsorganisatie (WTO) is de enige wereldwijde internationale organisatie die zich bezighoudt met de handelsregels tussen landen. Centraal staan de WTO-overeenkomsten, waarover is onderhandeld en ondertekend door het grootste deel van de handelsnaties in de wereld en die door hun parlementen zijn geratificeerd. Het doel is ervoor te zorgen dat de handel zo soepel, voorspelbaar en zo vrij mogelijk verloopt. De bedoeling van de WTO-SPS-overeenkomst (World Trade Organization - Sanitary and Phytosanitary Measures) is ervoor te zorgen dat standaarden niet worden opgevat als niet-tarifaire handelsbelemmeringen en dat zij gebaseerd zijn op wetenschappelijke gronden.

EUROPHYT / TRACES Alle intercepties die NPPO's in de EU uitvoeren worden verzameld in een database die maandelijks wordt bijgehouden (Europhyt)¹⁰. EUROPHYT brengt de woorden 'Europees' en 'Fytosanitair' samen en beschrijft een meldings- en snelle waarschuwingssysteem voor onderscheppingen om fytosanitaire redenen, van zendingen van planten en plantaardige producten die naar de EU worden verhandeld of binnen de EU zelf.

TRACES (Plants¹¹) is het online platform van de Europese Commissie voor sanitaire en fytosanitaire certificering dat vereist is voor de invoer van dieren, dierlijke producten, levensmiddelen, diervoeders van niet-dierlijke oorsprong en planten in de Europese Unie, en de handel binnen de EU en de EU-uitvoer van dieren en bepaalde dierproducten.

SCoPAFF-comité. Het Permanent Comité voor planten, dieren, levensmiddelen en diervoeders (SCoPAFF) speelt een sleutelrol bij het waarborgen dat de maatregelen van de Europese Unie op het gebied van de veiligheid van levensmiddelen en diervoeders, diergezondheid en dierenwelzijn en plantgezondheid praktisch en doeltreffend zijn. De stemverhouding voor Nederland in dit comité (NL 3.94% op basis van inwoneraantal) is niet in verhouding met het importbelang voor de gehele EU, terwijl NL aan de importkant goed is voor bijvoorbeeld ruim 30% van het geïmporteerde fruit in de EU.

3.1.4 De nieuwe Plantgezondheidsverordening

Op 14 december 2019 is de nieuwe Plantgezondheidsverordening (Plant Health Regulation (PHR)) in werking getreden (Verordening (EU) 2016/2031). De verordening beoogt effectieve maatregelen voor de bescherming van de EU en haar planten, het waarborgen van veilige handel en het verminderen van de gevolgen van klimaatverandering voor de gezondheid van de gewassen en bossen in de EU regio. De vereisten waaraan gereguleerde plagen, gereguleerde planten en import en transport binnen de EU van planten aan moet voldoen, staan beschreven in de Implementing Regulation 2019/2072¹². Sinds 2019 moeten alle planten (inclusief levende delen van planten) voorzien zijn van een **fytosanitair certificaat** om de EU binnen te mogen. Een uitzondering daarop vormen de planten die genoemd worden in Annex XI, deel C, van dezelfde Implementing Regulation (EU) 2019/2072.

De commission implementing regulation (EU) 2018/2019¹³ stelt de lijst met **hoog risico planten** vast die geen toegang tot de EU krijgen. Richtlijnen voor de risicobeoordeling van hoog risico planten staan beschreven in commission implementing regulation (EU) 2018/2018¹⁴.

Onderdeel van deze nieuwe wetgeving zijn ook de prioriteitsorganismen¹⁵. Dat zijn quarantaineorganismen waarvoor, vanwege hun potentiële impact voor de EU, extra preventieve maatregelen gelden. Het doel van deze nieuwe wetgeving is om de EU beter te beschermen tegen nieuwe plantenziekten. Men wil dit doen door o.a. de lidstaten te verplichten periodieke surveys uit te voeren en ook (net als in de oude regeling) te verplichten tot uitroeiing indien een quarantaine organisme wordt aangetroffen.

¹⁰ https://ec.europa.eu/food/plants/plant-health-and-biosecurity/europhyt_en

¹¹ https://ec.europa.eu/food/plants_en

¹² https://eur-lex.europa.eu/eli/reg_impl/2019/2072/oj

¹³ EUR-Lex - 02018R2019-20211113 - EN - EUR-Lex (europa.eu)

¹⁴ EUR-Lex - 32018R2018 - EN - EUR-Lex (europa.eu)

¹⁵ L_2019260NL.01000801.xml (europa.eu)

De vernieuwde EU-regels stellen de Europese lidstaten beter in staat maatregelen te nemen bij een vondst van een schadelijk organisme, geeft een lidstaat meer mogelijkheden om risico's te verminderen en is er meer aandacht voor traceerbaarheid van plantaardige producten in de handelsketen.

Er is echter ook aanvullende wetgeving van kracht waarnaar voor bepaalde producten verwezen moet worden¹⁶. Denk aan fytosanitaire certificaten voor bepaalde planten en producten. Het is derhalve aan te bevelen om de website van de NVWA goed te controleren voor de meest actuele informatie.

3.1.5 BREXIT en derde landen

BREXIT

Een belangrijk fytosanitair aandachtspunt is het verlaten van het VK uit de EU (Brexit). Hierdoor is GB/VK economisch gezien één van de belangrijkste derde landen voor export van plantaardige producten vanuit NL. Dit brengt aanvullende eisen met zich mee voor de bedrijven, de NVWA en de keuringsdiensten. Per 1 januari 2021 is het zakendoen met het VK veranderd, wat betekent dat exporteurs een exportcertificaat nodig hebben bij export naar het VK en importeurs moeten eerst bij een importkeuring aanvragen als ze invoeren uit het VK. Op 29 augustus 2023 heeft het Verenigd Koninkrijk de definitieve versie van het Border Target Operating Model (BTOM) gepubliceerd, waarmee de Britse importcontroles voor planten/plantaardige producten, dieren/dierlijke producten en levensmiddelen zijn vastgelegd. Via het BTOM deelt de Britse regering officieel mee hoe zij vorm geeft aan een eigen grenscontrolesysteem. Hoewel de invoering van grenscontroles door het VK vele malen (deels) is uitgesteld, bereidt het ministerie van LNV zich voor op een nieuw controleregime dat daadwerkelijk op 31 januari 2024 wordt geïmplementeerd. Het is dus belangrijk dat een ieder zich definitief gaat voorbereiden (zie website NVWA). Het VK wil zijn grondgebied vrijhouden van plantenziekten en/of plagen. Dit betekent dat planten, die mogelijk drager van een ziekte of plaag zijn, uitsluitend onder bepaalde voorwaarden het gebied mogen worden binnengebracht (PZ-producten). Het VK heeft nu eigen wetgeving en is voor meer dan 20 soorten plantenziekten of -plagen een beschermd gebied. Dit is inclusief Noord-Ierland, het eiland Man, Jersey en de Kanaaleilanden. PZ-producten zoals bijvoorbeeld Begonia en Oleander zijn gevoelig voor tabakswittevlieg en mogen alleen met een geldig exportcertificaat worden binnengebracht. Bij binnenkomst in de VK vindt een importinspectie plaats. Welke fytosanitaire eisen het VK stelt aan planten en plantaardige producten wordt bijgehouden door de NVWA. Bedrijven moeten er rekening mee houden dat de NVWA en de keuringsdiensten na de Brexit meer moeten controleren, keuren en certificeren. De RVO (Rijksdienst voor Ondernemend Nederland) houdt de ontwikkelingen in de gaten en rapporteert hierover via de website¹⁷. Welke productstromen het meeste risico / hinder vormen is mede afhankelijk van export- en import volumes.

Derde landen

Alle landen buiten de EU worden aangemerkt als derde landen. Export van agro producten naar deze landen moeten voldoen aan de eisen van die landen. Deze kunnen per land veel verschillen. De eisen zijn erop gericht om te zorgen dat de dieren of planten gezond zijn en dat goederen veilig zijn voor mensen, dieren of planten in dat land. De eisen zijn terug te vinden op de website van de NVWA. Hierin staat ook welke rol NVWA en de keuringsdiensten hebben m.b.t. exportdocumenten, controles of bedrijven voldoen aan die eisen en het faciliteren van controles door derde landen. Ook wordt duidelijk aangegeven waarvoor de exporteur zelf verantwoordelijk is. Plantum houdt deze eisen ook in de gaten voor haar leden.

3.2 Trends en Uitdagingen op het Fytosanitaire werkveld

Op Fytosanitair gebied zijn verschillende trends en uitdagingen waar te nemen voor de diverse stakeholders.

3.2.1 Algemene trends/uitdagingen

Kennisintensiever en multidisciplinair

Het fytosanitaire domein wordt steeds kennisintensiever en meer multidisciplinair in brede zin. Taxonomische kennis verandert continu door onder meer nieuwe sequentiegegevens van quarantaine-organismen en samen

¹⁶<https://www.nvwa.nl/onderwerpen/importeren-planten-en-plantaardige-producten/fitosanitaire-certificaten-en-bijbeschrijvingen>

¹⁷ <https://www.rvo.nl/nieuws/exporteren-naar-het-vk-regel-dit-voor-1-januari-2022>

met bioinformatica verbreedt deze weer de kennis van de fytopathologie. De wetgeving loopt altijd achter de meest recente wetenschappelijke ontwikkelingen aan, o.a. op taxonomisch gebied. Taxonomische indeling is momenteel vaak gebaseerd op een of enkele genen, maar tegenwoordig worden gehele genomen van organismen gesequenced hetgeen kan leiden tot veranderde taxonomische inzichten. Het blijft een uitdaging om dat goed te volgen.

Klimaatverandering en weersextremen

Door meer handel komen meer organismen de EU binnen met een kans tot vestiging in de EU en in Nederland, hetgeen dat weer leidt tot meer testen. Daarnaast leidt klimaatverandering tot nieuwe pathways (bv. vanuit Zuid Europa) en betere overlevingsmogelijkheden van organismen waar alle betrokken partijen (NVWA, keuringsdiensten en bedrijfsleven) rekening mee moeten houden. Weersextremen (bosbranden, overstromingen, langdurige droogte/regen, orkanen) komen vaker voor, waardoor plantenpathogenen zich beter kunnen verspreiden, beter overleven of aanpassen. De kans op incidenten neemt hierdoor toe en daarmee de benodigde kennis die hiervoor nodig is. De **ICPP** heeft hierover een studie uitgevoerd. Klimaatverandering vertegenwoordigt een ongekende uitdaging voor de biosfeer van de wereld en voor de wereldgemeenschap. Het vertegenwoordigt ook een unieke uitdaging voor de plantgezondheid. Menselijke activiteiten en de toegenomen mondialisering van de markt, in combinatie met de stijgende temperaturen, hebben geleid tot een situatie die gunstig is voor de verplaatsing en vestiging van plagen. Deze samenvatting voor beleidsmakers, ontleend aan het wetenschappelijke onderzoek van de FAO over de impact van klimaatverandering op plantenplagen, en bij uitbreiding, op de plantgezondheid, biedt concrete aanbevelingen voor besluitvormers over hoe ze de impact van klimaatverandering op de plantgezondheid kunnen aanpakken. Het beoordeelde bewijsmateriaal wijst er sterk op dat de klimaatverandering het verspreidingsgebied en de geografische verspreiding van sommige plagen al heeft uitgebreid, en het risico op de introductie van plagen in nieuwe gebieden verder kan vergroten. Meer internationale samenwerking en de ontwikkeling van geharmoniseerde gewasbeschermingsstrategieën zijn van cruciaal belang om landen te helpen hun maatregelen voor het beheer van plaagdierrisico's met succes aan te passen aan de klimaatverandering.

Kennisoverdracht en kennisbehoud

Veel aandacht is er bij alle betrokken private partijen (LTO-Nederland, de LTO vakgroep bomen, vaste planten en zomerbloemen, Glastuinbouw Nederland, BO-Akkerbouw, Plantum, GFH, RFH/VBN, NAO, NFO, Anthos, e.a.) voor bewustwording van fyto-sanitaire risico's en preventie: Hoe kan de sector zelf voorkomen dat er q-organismen meekomen met geïmporteerde bloemen, en planten, groente, fruit, uitgangsmateriaal en andere plantaardige producten en hoe kan worden bevorderd dat aanwezigheid van een (mogelijk) q-organisme in een partij niet leidt tot een uitbraak en verspreiding van dit organisme? Hoe zorgen we ervoor dat vondsten en uitbraken door bedrijven niet "onder de pet" worden gehouden maar worden gemeld aan de NVWA?

Verschillende sectoren in de plantaardige sector werken actief aan informeren van hun achterban, het verstrekken van informatie en het delen van factsheets. Het gaat hierbij zowel om informatie en factsheets toegespitst op de ondernemers als om informatie en factsheets van de NVWA en de keuringsdiensten. Er is bij de overheid, keuringsdiensten, bedrijfsleven en kennisinstellingen een trend dat mensen niet meer tot hun pensioen blijven, waarmee het risico wordt gelopen dat expertise verdwijnt als de aanwezige kennis niet goed en tijdig wordt overgedragen.

Bewustzijn vergroten

Getracht is om het bewustzijn van het grote publiek op het gebied van Fyto-sanitair door middel van het International Year of Plant Health te vergroten. De Verenigde Naties had immers 2020 uitgeroepen tot jaar van Plantgezondheid. Wereldwijd zijn er gezamenlijke acties uitgevoerd om iedereen meer bewust te maken van Plantgezondheid, met name door EFSA, EPPO en meerdere NPPO's. Immers gezonde planten geven voeding aan een groot deel van de wereldbevolking. Toeristen nemen bv. van het vakantieadres planten mee. De NVWA waarschuwde via **Twitter** voor de mogelijke insleep van *Xylella*. Door Corona zijn echter vele activiteiten niet of in een aangepaste vorm doorgedaan. Blijvende aandacht is hiervoor nodig bij alle betrokkenen, niet alleen het publiek maar ook producenten, handelaren, overheden en talloze instanties die werken op het gebied van plantgezondheid. Aandacht voor gezonde planten en de consequenties bij mogelijke insleep van ongewenste organismen als planten niet gezond zijn.

Internethandel

Er zijn zorgen omtrent toezicht/controle van de internethandel. In de wet is een speciale regeling opgenomen voor de verkoop van planten via internet (in de wet omschreven als 'op afstand gesloten overeenkomsten'). Planten die via internet worden verkocht, moeten tot en met de particuliere eindgebruiker/klant voorzien zijn van een plantenpaspoort. We doen steeds vaker een beroep op internet. We kopen via online shops allerlei producten. Ook planten, zaden en andere producten worden wereldwijd via internet verhandeld. De registratieplicht, administratieplicht en plantenpaspoortplicht is ook hierop van toepassing. Hierop is moeilijk grip te krijgen en een overzicht wat er op deze manier de EU binnenkomt is afwezig, temeer er met relatief kleine zendingen grote hoeveelheden (besmet) materiaal binnen kunnen komen, zoals bijvoorbeeld door zaden. Recentelijk is in onderzoek op Mashua (via Internet gekocht) aangetoond dat deze nieuwe virussen bevatten (lopend WUR onderzoek PPS Fytosanitair Belangrijk). De risico's hiervan zijn onvoldoende in kaart gebracht, maar worden groot geacht.

3.2.2 Overheid, incl. NVWA

Meer werk door nieuwe wetgeving

Sinds de herziening van de vroegere Fytorichtlijn (2000/29 EU, die er was van 2000-2019) en de invoering van de nieuwe PHR (Plant Health Regulation) (2019) wordt door Europa ingezet op betere bescherming van de EU tegen insleep van Q-organismen uit de rest van de wereld ("Fort Europa") en wordt geanticiepeerd op de afnemende beschikbaarheid van gewasbeschermingsmiddelen. In Nederland is de overgang naar deze nieuwe PHR redelijk verlopen, al waren er wel aanloopproblemen. De wet is met de invoering van de PHR complexer en stringenter geworden. Er is een nieuwe indeling van schadelijke organismen, hetgeen concreet een toename van het aantal schadelijke organismen (Q, RNQP en ZP (Zona Protecta)), meer waardplanten en matrices betekent. Naar ZP mogen een aantal risicoplantensoorten niet vervoerd worden. Dit leidt dan weer tot meer werk voor de NVWA en de keuringsdiensten door meer vondsten en incidenten en ook meer werk voor bedrijven voor in- en export. Dit komt vooral door het onderbrengen van RNQP onder de PHR. Al met al wordt dit als een grotere administratieve last ervaren.

Ondanks de capaciteitsuitbreiding bij de NVWA, is er nog steeds een probleem: het aantal medewerkers is ontoereikend om deze wetgeving goed in te vullen, samen met de andere fyto-sanitaire taken die bij de NVWA zijn belegd. Daar waar nieuwe medewerkers geworven kunnen worden, is een meerjarige interne opleiding noodzakelijk. Door de wetgeving zijn daarnaast ook meer (complexe) validaties nodig in vergelijking met NRL-laboratoria in andere domeinen dan plantgezondheid. Nederland speelt hier een voortrekkersrol in vanwege omvang van de handel (import en export van agrofood). De export van Nederlandse land- en tuinbouwgoederen bereikte in 2021 met **€104,7** miljard een nieuw record. Al deze kennis moet ook goed onderhouden worden, wat veel tijd en energie vraagt. Daarentegen wordt aan een uitbraak van een quarantaineorganisme prioriteit gegeven boven kennisonderhoud. Bij planten kan een uitbraak of incident vaak lang doorlopen omdat complete uitroeiing van een Q-organisme erg moeilijk is. Het aantal incidenten is uit ervaring van de NVWA toegenomen van ca. 2 per drie jaar (medio vorig decennium) naar 2 á 3 incidenten per jaar (2020 en 2021). Door de vele incidenten en door capaciteitsgebrek komen de jaarlijkse surveys, ook in opdracht van de EC, onder druk te staan. Tevens kost het genereren van draaiboeken veel tijd. Als dit te lang aanhoudt zal Nederland zijn status al Q-vrij land niet meer kunnen behouden.

Fytosanitaire markttoegang is gebaseerd op landenaanpak c.q. bilaterale afspraken tussen landen, vastgelegd in de uitgangspunten van IPPC. Goed opererende ketens in Nederland (met een schoon trackrecord) zijn afhankelijk c.q. de dupe van vondsten die bv in andere landen in de EU-regio worden gedaan. Een EU-beleid op 'supply chain niveau' zou een stimulans kunnen geven, maar is er niet. Voor de EU wordt het middels deze PHR incl. controle verordening (OCR) steeds strenger en er volgen meer en specifiekere eisen. Hoog risico-producten mogen niet meer de EU in, behalve via officiële, dure en tijdsintensieve PEQ-procedures (post entry quarantaine). Tevens houdt de EU audits op de uitvoering van de controle verordening. De nieuwe EU-regels gelden voor alle Europese bedrijven die fyto-sanitair gereguleerd plantmateriaal verhandelen, importeren en/of exporteren. Er is een uitbreiding van de plantenpaspoortplicht, registratie van bedrijven in een nationaal bedrijvenregister, een nieuwe procedures voor import, een nieuw format van het exportcertificaat en introductie van een pre-exportcertificaat en vastlegging van gegevens van importzendingen. Dit betekent dus meer werk voor alle partijen.

Door de BREXIT volgt het VK grotendeels de EU fyto-regelgeving maar wel met eigen controles. Hierdoor zijn er door meer derde landen quarantaine-organismen aangemerkt, en is er extra controle nodig op goederen uit het VK. Door de groeiende export en de toenemende importeisen van derde landen, neemt ook de vraag naar inzet van het derde landen team van NVWA/LNV toe. Hoeveel ondersteuning kunnen ze bieden met de beschikbare capaciteit?

Notificaties via *Europhyt* hebben een systeem-update nodig. Voor Europhyt is informatie slechts op maandbasis beschikbaar, waardoor er geen snelle response mogelijk is. Tevens is slechts een beperkt aantal elementen beschikbaar. Voor het beoordelen van de risico's van een vondst is meer informatie over de context nodig. *Traces* is het Europees platform voor fytosanitaire certificatie, noodzakelijk voor de import en export. Dit platform is wel 24/7 beschikbaar.

Referentielaboratoria en -collecties

Binnen de EU zijn vijf Europese Referentie Laboratoria (EURL) en per lidstaat Nationale Referentie Laboratoria (NRL) en Officiële Laboratoria (OL) aangewezen. Het NIVIP (Nederlands Instituut voor Vectoren, Invasieve Planten en Plantgezondheid) is onderdeel van de NVWA en is aangewezen als 1) EURL voor Bacteriën en voor 2) Virussen, viroïden en fytoplasma's. Daarnaast is het NIVIP aangewezen als NRL voor 1) Insecten en mijten, 2) Nematoden, 3) Bacteriën, 4) Schimmels en oömyceten, en 5) Virussen, viroïden en fytoplasma's. Voorts zijn zij aangewezen als Officieel Laboratorium (OL) Plantgezondheid. Een EURL heeft een toezichtsrol op de NRL's voor bepaalde groep van fytosanitair relevante organismen, hetzelfde geldt voor een NRL richting een OL. De exacte rolverdeling tussen de laboratoria is nog niet voldoende uitgekristalliseerd.

Per 29 april 2022 zouden alle toetsen die worden gebruikt voor EU quarantaine-organismen onder een ISO 17025 accreditatie moeten worden uitgevoerd. Niet alle toetsen zijn onder accreditatie gebracht omdat goed referentiemateriaal ontbreekt (wereldwijd!) of omdat er onduidelijkheid is over de taxonomische indeling. In deze gevallen is de noodzaak voor het onder accreditatie hebben in overleg met de EC voorlopig opgeschort. Het NIVIP beschikt over een ISO-geaccrediteerd kwaliteitssysteem (ISO 17025), hetgeen betekent dat ze over geavanceerde apparatuur, een passende infrastructuur en deskundig personeel beschikken. Vanuit de OCR zijn er aanvullende eisen gesteld voor de werkzaamheden van een NRL ten opzichte van de eerdere rol van het NIVIP. Dit betreft met name de borging van de OL's door bijvoorbeeld organisatie van vergelijkend laboratoriumonderzoek en ondersteuning van de Bevoegde Autoriteit op inhoudelijk en wetenschappelijk vlak. Deze nieuwe taken worden de komende jaren ingeregeld.

3.2.3 Keuringsdiensten

Ook voor de keuringsdiensten wordt het werkterrein kennisintensiever en neemt door het toenemend aantal RNQP- en Q-organismen het aantal incidenten toe. Een enorme druk ontstaat omdat ook meer testen ontwikkeld en gevalideerd worden voor een grotere stroom goederen. Voor de nieuwe categorie "RNQP" (regulated non-quarantine pests), waarin een groot aantal organismen is opgenomen die vóór 2019 een Q-status hadden en de organismen uit de Verkeersrichtlijnen), zijn de keuringsdiensten de verantwoordelijke organisaties en hun laboratoria moeten daarvoor de protocollen waarborgen. Dit betekent ook dat zij naast de kennis en methoden ook de beschikking moeten hebben over kwalitatief en kwantitatief voldoende referentie materiaal. Dit laatste vormt een enorme uitdaging omdat dat niet altijd beschikbaar is. Er dient een goede afstemming te zijn m.b.t. Q en RNQP tussen alle betrokken laboratoria. De NVWA is de coördinerende competente autoriteit, terwijl de 4 keuringsdiensten elk competente autoriteit zijn op hun sectoren/gebieden met betrekking tot plantenpaspoort/RNQP ziekten en op het gebied van importinspecties. Ook zal op termijn voor de RNQP-organismen ISO 17025 accreditatie (en dus validatie van protocollen en implementatie daarvan) nodig zijn, hetgeen een enorme uitdaging is.

Keuringsdiensten (maar ook het bedrijfsleven) hebben in de afgelopen jaren meer verantwoordelijkheid gekregen en de terugtrekkende overheid houdt toezicht in plaats van zelf de uitvoering op zich te nemen. De NAL (Naktuinbouw Authorized Laboratories), NAFI (Naktuinbouw Authorized Field Inspection) en BOOT (Bemonstering Onder Officieel Toezicht) zijn doorgedelegeerd vanuit de Naktuinbouw naar de bedrijven. Uitdaging is dan wel om deze systematiek in het Nederlandse fytosanitaire bestel goed in te bedden.

3.2.4 Bedrijfsleven

De algehele trend is dat de handel in plantaardige producten, zowel in aantal landen als in aantal commodities toeneemt. Ook het aantal nieuwe landeneisen blijft toenemen (pers. comm. private partijen).

Door de nieuwe PHR is er ook een strenger EU-beleid met een nultolerantie voor veel organismen. Kennis over al die organismen dient ook bij het bedrijfsleven aanwezig te zijn of toegankelijk vanuit overheid, onderzoek, NVWA en keuringsdiensten. Voor het bedrijfsleven blijft het verder een uitdaging om de afbakening tussen private en publieke taken helder te krijgen. Welke taken liggen op het bordje van de overheid en waar moet het bedrijfsleven zelf verantwoordelijkheid nemen en een rol spelen?

Leveren van producten 'vrij van' organismen staat onder druk

Door de EU Farm to Fork (F2F) strategie en het huidige uitvoeringsprogramma gewasbescherming en de daarbij gewenste afname van het gebruik van synthetische gewasbeschermingsmiddelen, wordt het een hele uitdaging om, zeker voor derde landen met hun specifieke eisen, 'vrij van' te exporteren. De landeneisen worden vaak ook aangescherpt: de eis van een land dat 'het product vrij is van' verandert dan in de eis van 'een productielocatie moet vrij zijn van'. Ook hebben mensen die die eisen bedenken doorgaans minder kennis van de praktijk. Een bijkomend probleem is nog steeds het meer politiek protectionisme. Landen willen hun eigen productie beschermen t.o.v. import. De wetenschappelijke discussie verliest het dan vaak van de politiek, waarin dan de WTO SPS-principes te weinig gevolgd worden. Ook worden vaak door derde landen meer toetsen bij import vereist.

Afnemers elders in de EU eisen in toenemende mate dat er in de teelt van bloemen en planten geen gebruik wordt gemaakt van gewasbeschermingsmiddelen en dat sociale omstandigheden op orde zijn. Hierdoor wordt het steeds moeilijker om garanties voor een "schoon product" af te geven. Biologische bestrijding is nagenoeg onmogelijk voor uitgangsmateriaal, wat immers helemaal vrij moet zijn van ziekten, plagen en onkruiden. De EU zegt dat de EU landen volgens het IPM principe moeten telen maar tegelijkertijd wordt niet naar de afzet van die producten gekeken. Nederland zet in het **Uitvoeringsprogramma Toekomstvisie Gewasbescherming 2030** onder andere in op weerbare teelten. Ook vallen veel insecticiden weg. De regelgeving in derde landen is daar totaal niet mee bezig, waardoor de export zo onder druk komt te staan. Hiermee ontstaat er een gat tussen EU en derde landen en een trend naar anti import – anti export: minder bereidheid om fyto-sanitair een zaak vlot te trekken. Fyto-sanitair beleid wordt afgestemd op de "duurzaamheidsthermometer". Hierdoor komt de vraag of de overheid en bedrijfsleven het beleid op het gebied van meer duurzaam produceren kunnen afstemmen met het fyto-sanitair beleid.

Risico-afdekking en preventie

Afdekking van de economische schade van opgelegde maatregelen bij een uitbraak via een verzekering kan een optie zijn, maar daar kleven ook risico's aan. Door het zonder meer afdekken van de economische schade bij een uitbraak, kan een teler eerder geneigd zijn fyto-sanitaire risico's te nemen. Het aantonen van "te goeder trouw handelen" is vele malen moeilijker dan in de dierlijke sector. Een dergelijke verzekering neemt dus ook grotere fyto-sanitaire risico's met zich mee. In de dierlijke sector is een diergezondheidsfonds dat tot doel heeft 50% van de kosten bij ruiming te dekken. In veel landen bestaan soortgelijke instrumenten ook voor de plantaardige sector; sinds 2014 laat de Europese regelgeving toe dat die constructie ook voor fyto-sanitair wordt gebruikt. In afwijking van andere lidstaten heeft de Nederlandse overheid besloten om geen gebruik te maken van deze mogelijkheid en is geen Plantgezondheidsfonds (PGF) opgericht. Dit heeft te maken met de grote variatie aan teelten in de plantaardige sector, de enorme vervolgschade, als gevolg van de maatregelen die genomen worden om het aangetroffen q-organisme uit te roeien.

Het bedrijfsleven heeft, zeker in bepaalde gewassen, zich sterk gemaakt voor preventieve maatregelen op en rondom de teeltbedrijven en in de keten. Naast protocollen is www.fytocompass.nl ontwikkeld en wordt gewerkt aan een jaarlijkse FRIE (fyto-sanitaire risico-inventarisatie en evaluatie). Binnen het onderzoek (Topsector T&U, PPS Fyto-sanitair Belangrijk) zijn recentelijk diverse initiatieven ontplooid op dit gebied. Er loopt een onderzoek m.b.t. preventie met als casus *Xylella fastidiosa*. Middels interviews wordt achterhaald welke handelingsperspectieven er op het gebied van preventie voor de stakeholders zijn.

3.2.5 Onderzoek en Kennis Fyto-sanitair

Kennis van plantenpathogene organismen is noodzakelijk om gezonde planten te kweken, te verwerken en te verhandelen. Als het aantal planten en het aantal locaties waar we deze vandaan halen groeit, en daarmee

ook het aantal ongewenste organismen, is kennis over deze organismen noodzakelijk. Deze kennis (bv. taxonomie, overleving, epidemiologie, waardplantenreeks) is binnen Nederland maar ook in Europa versnipperd aanwezig en coördinatie is moeilijk omdat deze kennis niet goed te vinden is. Er is een trend naar erosie van deze fytopathologische kennis en het op peil houden ervan is een belangrijk aandachtspunt. Ook binnen de wetenschappelijke instituten staat deze kennis onder druk. Wageningen UR is vaak afhankelijk van projectfinanciering en kan derhalve alleen expertise in stand houden als er een project is.

Trends op het gebied van detectietechnologie

In stand houden kennis en collecties

Daar kennis over fyto-sanitaire organismen snel verandert is het een hele uitdaging om de meest complete en recentste informatie te verkrijgen. De NVWA, EPPO, EFSA en de keuringsdiensten zijn voor Nederland de meest betrouwbare bronnen. Zij houden hun websites up-to-date met alle beschikbare informatie over de gereguleerde organismen, maar het blijft een uitdaging om actueel en compleet te zijn. EPPO houdt op diverse fronten kennis in stand in de vorm van kaarten, (w.o. EPPO Global Database¹⁶), nieuwsbrieven (EPPO Reporting Service), middels expert panels en hun website. Alle EPPO Reporting nieuwsbrieven zijn opgeslagen in de EPPO Global Database en een uitgebreide zoekfunctie is beschikbaar¹⁷. Continu worden er nieuwe data over quarantaine organismen opgenomen in de EPPO Alert List. Ook is EFSA actief om online alle informatie te updaten en uit te breiden: Zo heeft EFSA een Toolkit ontwikkeld voor plant pest surveillance in de EU (i.e., survey cards + surveillance guidelines)¹⁸, zijn er Story maps beschikbaar op het ArcGIS platform¹⁹ en is er veel werk over HLB (huanglongbing, een Q-bacterie) gepubliceerd²⁰. Bij Wageningen UR is de continuering van kennis met betrekking tot quarantaine organisme vaak afhankelijk van projecten. Deze hebben een bepaalde looptijd en na beëindiging van het project dreigt deze expertise te verdwijnen. Ook het in stand houden van de taxonomische kennis van alle gereguleerde organismen door toenemende sequentiegegevens vormt een enorme uitdaging. Alle referentielabs dienen bovendien, naast de kennis, ook toegang te hebben tot goed referentiemateriaal (collecties), wat niet altijd goed geborgd is, en de beschikking te hebben over goede databases, die goed gecureerd worden.

Biologische relevantie moleculaire toets

Sinds de laatste 20 jaar zijn er steeds nieuwere sequencing technieken voor detectie op de markt verschenen. Men kan steeds nauwkeuriger in het genoom van een organisme kijken en dat heeft zijn invloed op de taxonomie. Bioinformatica is een belangrijke discipline geworden. Dat is echter vooral een aanvulling op bestaande disciplines, en geen vervanging van bestaande taxonomische en fytopathologische kennis. Voor internationale acceptatie van een diagnostische methode moet deze goed gevalideerd worden, wat een tijdrovend proces is. Bovendien is niet in elk land de voorgeschreven apparatuur beschikbaar om een nieuwe methode te implementeren. Het beschikbaar maken van meer en betere detectiemethoden met een hogere gevoeligheid, leidt weer tot meer regulering, daar immers een nultolerantie vereist is. Met betrekking tot moleculaire testen zijn er twee belangrijke aandachtspunten: Ten eerste maken DNA-gebaseerde technieken zoals PCR geen onderscheid tussen dood en levend DNA. Er kan derhalve meer aandacht komen voor de biologische relevantie van PCR gebaseerde detectiemethoden. Belangrijk is om vast te stellen of er niet te beheersen schade kan ontstaan aan de teelt en groene ruimte en niet óf iets aanwezig is. M.a.w. het risico moet beter in kaart gebracht worden. Ten tweede heb je klassieke fytopathologen nodig om deze moleculaire analyses met hun kwalitatieve uitslagen goed te duiden t.a.v. wat een virus, schimmel, bacterie, etc. doet / kan doen en welk risico ermee gepaard gaat.

Nieuwe ontwikkelingen

Nieuwe identificatie- en detectie tools worden ontwikkeld door universiteiten, instituten, laboratoria en NPPO's en zijn beschreven in paragraaf 5.7.2. Op basis van sequentiegegevens van het doelorganisme en de meest nauwverwante soorten worden er gevoelige, vaak moleculaire testen, ontwikkeld. De kennis van de taxonomie is vaak niet optimaal aanwezig en ook het beschikbaar hebben van het juiste referentiemateriaal is niet op één plaats beschikbaar. Met betrekking tot het levend-dood vraagstuk zijn er ontwikkelingen waarin gebruik gemaakt van PMA. Deze chemische stof dringt het beschadigd membraan van een dood

¹⁶ <https://gd.eppo.int/>

¹⁷ <https://gd.eppo.int/reporting/>

¹⁸ [https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/toc/10.1002/\(ISSN\)1831-4732.toolkit-plant-pest-surveillance](https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/toc/10.1002/(ISSN)1831-4732.toolkit-plant-pest-surveillance)

¹⁹ <https://efsa.maps.arcgis.com/apps/MinimalGallery/index.html?appid=f91d6e95376f4a5da206eb1815ad1489>

²⁰ <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2903/sp.efsa.2019.EN-1574>

organisme binnen en bindt aan het DNA waarna de PCR reactie niet meer kan plaatsvinden. Dit vraagstuk zal zeker binnen internationale gremia (ICPP, EFSA, EPPO) beantwoord moeten worden welke criteria gebruikt gaan worden om vast te stellen of een aangetoond organisme levend dan wel dood is. De vaststelling dat het om een levend Q-organisme en daarmee gepaard gaand risico gaat, moet wellicht bij iedere diagnosemethode in een paragraaf worden vastgelegd in de daarvoor internationaal geldende norm. Het wordt echter een hele uitdaging om dit internationaal in regelgeving op te nemen.

Naast de ontwikkelingen op moleculair gebied zijn die er ook op het gebied van detectie met non-destructieve methoden, zoals X-ray, E-noses, multispectrale camera's etc. De ontwikkelingen om met bepaalde camerasystemen en specifieke golflengte te werken staan nog in de kinderschoenen. Men kan vaak wel zien dat er iets 'mis' is maar niet welk organisme hiervoor verantwoordelijk is. E-noses identificeren geurstoffen die door een bepaald organismen werden afgescheiden. Een specifiek spectrum van stoffen wordt dan gekoppeld aan een bepaald organisme. Databases van dergelijke spectra zijn nog niet voorhanden. Ook worden honden ingezet als E-nose voor de detectie van een organisme, maar de training en inzet ervan is erg duur en tijdrovend. Er is een wens van de Naktuinbouw voor het herkennen van insecten op basis van beeldmateriaal. Er wordt d.m.v. Deep Learning aan gewerkt. Deep Learning maakt gebruik van een grote database van beelden, die gekoppeld zijn aan organismen. Met behulp van snelle software kan dan een beeld van een insect gekoppeld worden aan een naam. Dergelijke databases zijn in ontwikkeling en ook met behulp van WhatsApp zijn er ontwikkelingen. Zo is er een WhatsApp voor herkenning van planten, maar deze is afhankelijk van experts die de database met beelden en de juiste namen hebben gevuld. Er zijn ontwikkelingen met betrekking tot on-site testen. Een voorbeeld is LAMP (loopmediated amplification), hetgeen een PCR achtige moleculaire methode is die on-site kan worden uitgevoerd. Op het vliegveld van Zurich wordt deze methode ingezet bij de importinspectie van bloemen voor de detectie van *Thrips palmi*. De verwachtingen ten aanzien van dergelijke on-site testen zijn hoog, maar in de praktijk werkt het nog niet helemaal. Robuustheid, gevoeligheid, validatie en internationale acceptatie verdienen nog aandacht. maar het biedt zeker mogelijkheden voor de toekomst.

Het hebben van de juiste expertise is op fytoosanitair gebied erg belangrijk. Medewerkers veranderen tegenwoordig vaker van baan, hetgeen inhoudt dat er continu aandacht moet zijn voor training en bijscholing om de benodigde kennis en expertise in stand te houden, maar meer ook een goed back-up te hebben.

3.3 Samenvatting van specifieke implicaties voor publieke en private organisaties

Het fytoosanitair beleid, eisen vanuit derde landen en de ontwikkelingen op technologisch gebied hebben implicaties voor alle betrokkenen in alle sectoren van de Nederlands Land- en Tuinbouw maar ook in het openbaar groen. De exacte implicaties voor deze sectoren zijn afhankelijk van welk Q-organisme het betreft. In deze paragraaf zijn de mogelijke implicaties globaal geschetst voor de landelijke overheid (LNV-PAV) en de NVWA, de keuringsdiensten en het bedrijfsleven. Globaal kunnen we constateren dat zaken als bewustwording van risico's en informatie over (nieuwe) Q-organismen een rol spelen in het fyto-sanitaire werkveld. Samenvattend zien we voor de verschillende stakeholders (verzameld uit verschillende interviews) binnen Nederland de volgende implicaties op Fytoosanitair gebied:

Landelijke overheid

Met betrekking tot het beleid zal de overheid te maken krijgen met meer gereguleerde organismen, waarvoor kennis beschikbaar moet komen. Wetgeving zal daarop worden aangepast en meer maatregelen zullen noodzakelijk zijn. Volgens de NVWA heeft Nederland nog steeds een goed systeem maar als totaalbeeld wringt het aan alle kanten; door de toenemende werkdruk is de beschikbare capaciteit ontoereikend. Het onderhouden van voldoende basiskennis staat onder druk, zeker als er zich calamiteiten voordoen. De uitvoering van de nieuwe PHR heeft een behoorlijke impact gehad op het werk van de NVWA: meer gereguleerde organismen, inwerken nieuwe mensen, meer calamiteiten, meer toetsen die gevalideerd moeten worden, meer surveys etc.

Keuringsdiensten

Ook voor de keuringsdiensten heeft de invoering van de PHR een behoorlijke impact. Vooral het onderbrengen van de RNQP's in de PHR heeft een toename van de verantwoordelijkheden (en dus de werklast) met zich meegebracht. En dit proces is nog steeds niet afgerond. De Brexit heeft geleid tot minimaal elf nieuwe keurmeesters bij de Naktuinbouw en een groter aantal bij de KCB. Het opleiden en inwerken van deze mensen, kost veel tijd en energie. Ook kennis van zaken voor deze nieuwe mensen is belangrijk en het kunnen inschatten wat relevant is. Dit heeft behoorlijke impact gehad maar is uitstekend verlopen.

Bedrijfsleven

Alle ontwikkelingen op fytosanitair gebied kosten veel tijd/energie en het fytosanitaire werkveld wordt allemaal kennisintensiever. Dit heeft steeds meer invloed op de handel, waardoor door verschillende partijen de handel als stressvoller wordt ervaren. Nut en noodzaak van internationale regels moet goed uitgelegd kunnen worden en de gestelde eisen moeten wel zinnig (wetenschappelijk onderbouwd) zijn. Bewustwording van fytosanitaire risico's en preventie vraagt blijvende aandacht. Het kost meer tijd dan voorheen om de achterban goed te ondersteunen. Gelukkig is er op dit moment meer aandacht voor preventie incl. communicatie, dat met beperkte capaciteit moet worden uitgevoerd. Als er een vondst of uitbraak is geeft dat een piekbelasting. Samenwerken in de keten is dan een must. Er bestaat een spanning tussen fyto-regelgeving en het belang van de handel en daardoor zou gewasbescherming op de agenda van IPPC moeten staan. Een strenger fytosanitair beleid leidt tot negatieve effecten op het behalen van de SDG's (Sustainable Development Goals) van de Verenigde Naties.

Kennis

Kennis over gereguleerde organismen moet blijvend onderhouden en ge-update worden. Daar er door de PHR meer EU quarantaine-organismen bijgekomen zijn, neemt de benodigde kennis toe. Samen weten de medewerkers van de NVWA, keuringsdiensten en Wageningen UR op dit moment nog net voldoende, maar de noodzakelijke kennis en infrastructuur neemt verder af. Te veel versnipperd onderzoek leidt niet tot een structurele kennisbasis. Derhalve is samenwerking met diverse partijen (EPPO, andere EURL/NRL, EFSA, wetenschappelijke kennisinstellingen wereldwijd) een must om compleet te zijn, zowel nationaal maar zeker ook internationaal. Extra aandacht dient geschonken te worden aan overdracht van kennis en ervaring van personen die met pensioen gaan en/of vertrekken. Te denken valt aan kennis op het gebied van taxonomie inclusief referentie-collecties, epidemiologie, klassieke fytopathologie en moleculaire biologie inclusief bioinformatica.

4 Beschikbaarheid van werkzame stoffen en gewasbeschermingsmiddelen

Dit hoofdstuk gaat in op de vraag, “wat zijn de belangrijkste trends op het gebied van beschikbaarheid van werkzame stoffen op Europees niveau en van gewasbeschermingsmiddelen op nationaal niveau?” Daartoe worden gegevens gepresenteerd die informatie geven over het gebruik en de beschikbaarheid van werkzame stoffen en gewasbeschermingsmiddelen in Europa en Nederland.

Paragraaf 4.1 presenteert gegevens over de volgende indicatoren:

- het aantal toegelaten werkzame stoffen en gewasbeschermingsmiddelen in Nederland,
- de hoeveelheid verkochte gewasbeschermingsmiddelen in de EU en in Nederland (voor gebruik binnen en buiten de landbouw),
- cijfers over het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen in de landbouw in Nederland,
- en gegevens over de Harmonised Risk Indicator, een gewogen trend in verkoop van werkzame stoffen en het aantal vrijstellingen, voor zowel de EU als NL.

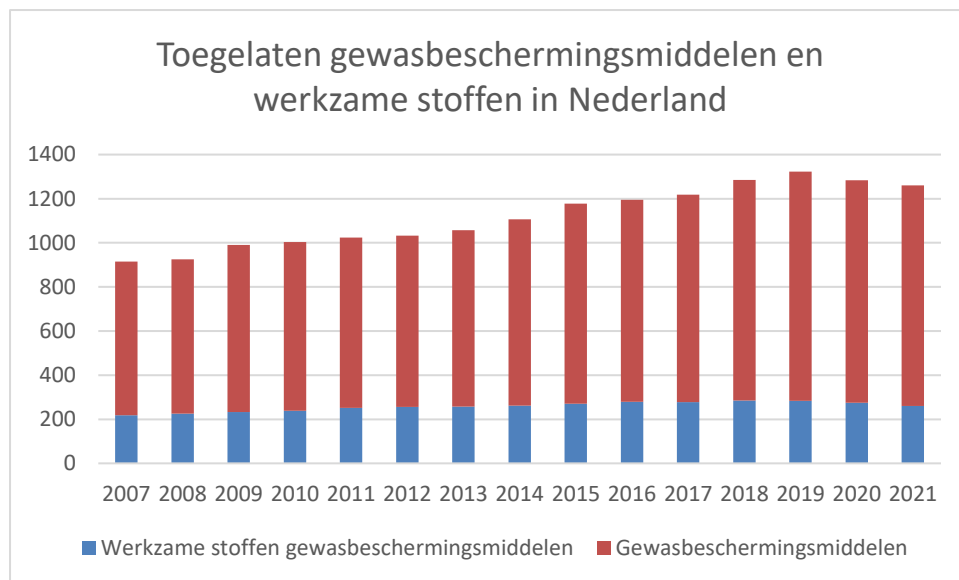
De implicaties van de beschikbaarheid van werkzame stoffen en gewasbeschermingsmiddelen voor de verschillende sectoren worden in paragraaf 4.2 besproken.

4.1 Trends rondom beschikbaarheid werkzame stoffen en gewasbeschermingsmiddelen

4.1.1 Toegelaten gewasbeschermingsmiddelen en werkzame stoffen in Nederland

Gewasbeschermingsmiddelen mogen verkocht worden in Nederland wanneer is vastgesteld dat ze, bij gebruik volgens het voorschrift, veilig zijn. Voor middelen die een werkzame chemische stof of micro-organisme of virus bevatten is een toelating nodig, en moeten fabrikanten een aanvraag bij het Ctgb indienen. Het Ctgb beoordeelt de mogelijke risico's voor mens, dier en milieu van een middel; daarnaast wordt de effectiviteit en gewasveiligheid beoordeeld. De Europese Unie stelt regels op voor deze beoordeling van middelen. Daarnaast vindt de beoordeling van de werkzame stof op Europees niveau plaats: voordat een gewasbeschermingsmiddel met een actieve stof beoordeeld kan worden op nationaal niveau, is eerst een goedkeuring van de werkzame stof op EU niveau nodig.

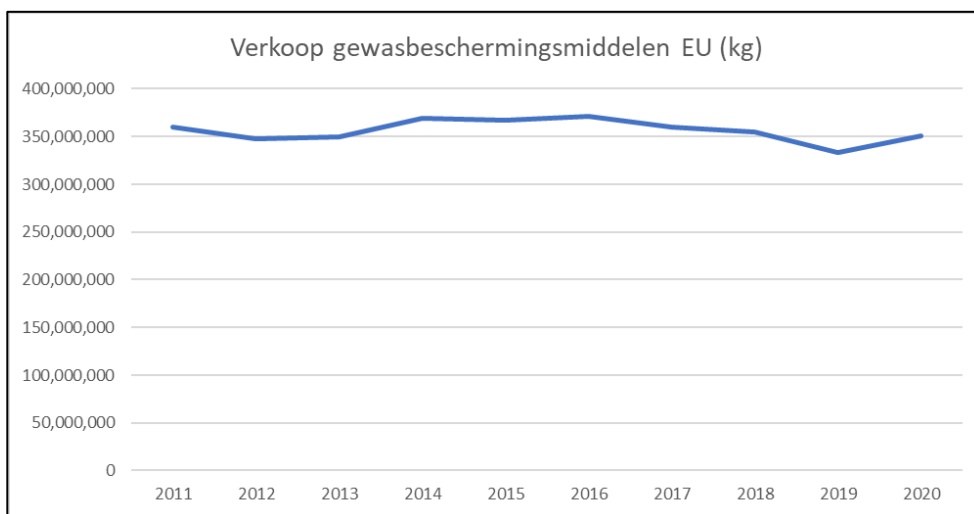
Het aanbod van de fabrikanten, de beoordeling van de werkzame stof op EU niveau, en de beoordeling van een gewasbeschermingsmiddel op nationaal niveau bepalen welke gewasbeschermingsmiddelen op nationaal niveau beschikbaar zijn voor toepassing. De toelatingen gelden voor een aantal jaren (5, 10 of 15), waarna een stof en middel opnieuw moet worden beoordeeld. Op deze manier komen er nieuwe stoffen en middelen bij en verdwijnen oudere omdat de goedkeuring niet wordt verlengd, of omdat ze worden verboden, of omdat de fabrikant geen aanvraag voor verlenging doet. Het Ctgb publiceert jaarlijks het aantal werkzame stoffen en het aantal toegelaten gewasbeschermingsmiddelen op de Nederlandse markt. Sinds 2007 is het aantal toegelaten gewasbeschermingsmiddelen en werkzame stoffen in Nederland toegenomen, met een lichte daling sinds 2019 (Figuur 4.1.1). Deze trend in toegelaten aantal gewasbeschermingsmiddelen en werkzame stoffen is geen directe indicatie voor de beschikbaarheid van gewasbeschermingsmiddelen in een bepaalde teelt voor een specifieke ziekte, plaag of onkruid. De sectoren ervaren in toenemende mate knelpunten bij de beheersing van ziekten, plagen en onkruiden (zie hoofdstuk 2). Hieruit zou afgeleid kunnen worden dat de beschikbare stoffen en middelen in onvoldoende mate oplossingen bieden voor de beheersing van voorkomende ziekten, plagen en onkruiden.



Figuur 4.1.1 Toegelaten gewasbeschermingsmiddelen en werkzame stoffen in **Nederland**²¹

4.1.2 Verkoop van gewasbeschermingsmiddelen

Verordening (EG) No 1185/2009²² verplicht lidstaten om gegevens aan te leveren over het toelaten van gewasbeschermingsmiddelen op de markt en het gebruik in de land- en tuinbouw. Sinds 2011 zijn gegevens over de verkoop van gewasbeschermingsmiddelen publiek toegankelijk op Eurostat. De data die door lidstaten worden aangeleverd variëren in kwaliteit en volledigheid, en van jaar tot jaar. De gegevens over de verkoop van gewasbeschermingsmiddelen die via Eurostat beschikbaar komen, betreffen verkoopcijfers voor gebruik binnen en buiten de land- en tuinbouw (Figuur 4.1.2).



Figuur 4.1.2 Verkoop gewasbeschermingsmiddelen in de **EU** (kg), 2011-2020²³

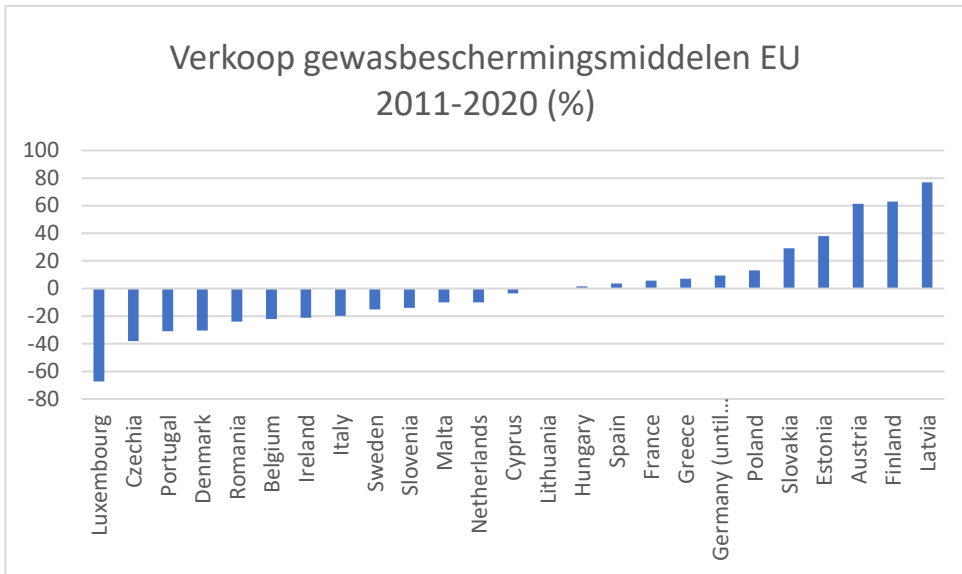
In de periode 2011-2018 heeft de verkoop van gewasbeschermingsmiddelen ongeveer rond de 360.000 ton per jaar gelegen voor de hele EU. In 2019 daalde de verkoop tot afgerond 333.500 ton, om in 2020 weer te stijgen naar rond de 350.000 ton. De gegevens voor 2020 zijn nog niet compleet: cijfers voor Bulgarije ontbreken. Van de totale verkoop in de EU werd het meest in de vier landen Duitsland, Spanje, Frankrijk en Italië verkocht. Deze landen hebben tezamen 57% van het totale areaal dat in gebruik is voor landbouw in de EU²⁴. In de meeste landen daalde de verkoop van gewasbeschermingsmiddelen in 2020 in kg ten opzichte van 2011 (Figuur 4.1.3).

²¹ https://www.ctgb.nl/documenten/jaarverslagen/2021/05/10/jaarcijfers-2020_Jaarverslag_2021 | Jaarverslag | College voor de toelating van gewasbeschermingsmiddelen en biociden (ctgb.nl), beiden geraadpleegd op 12 april 2023.

²² <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/HTML/?uri=CELEX:32009R1185&from=NL>

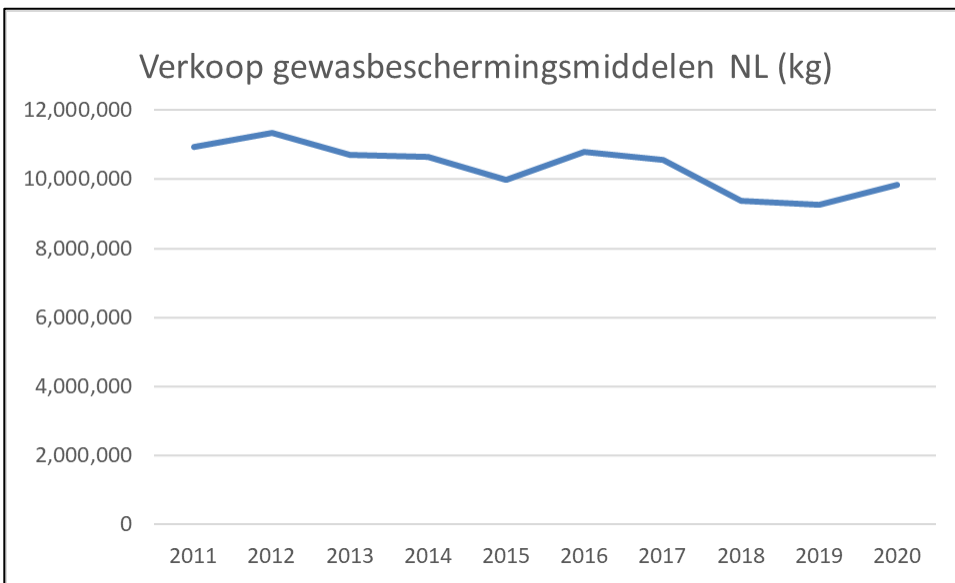
²³ https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/aei_fm_salpest09/default/table?lang=en bezocht op: 12 april 2023

²⁴ Agri-environmental indicator - consumption of pesticides - Statistics Explained (europa.eu)



Figuur 4.1.3 Verandering in verkoop van gewasbeschermingsmiddelen per lidstaat in de **EU**, 2011-2020. Bronnen: Eurostat. Statistics | Eurostat (europa.eu) ²⁵²⁶²⁷

In Nederland is een lichte daling te zien van de hoeveelheid verkochte gewasbeschermingsmiddelen (in kg) (figuur 4.1.4) in de periode 2011-2020. Deze cijfers betreffen verkoop voor toepassing binnen en buiten de landbouw. In 2020 is de verkoop met 10% gedaald ten opzichte van 2011.



Figuur 4.1.4 Verkoop gewasbeschermingsmiddelen in **NL** (kg), 2011-2020. Bron: Eurostat. Statistics | Eurostat (europa.eu) ²⁸

Eurostat houdt eveneens de hoeveelheid verkochte middelen per productcategorie bij. Er wordt onderscheid gemaakt tussen:

- Fungiciden and bactericiden (hierna: fungiciden);
- Herbiciden, loofdoders en mosdoders (hierna: herbiciden);
- Insecticides and acaricides (hierna: insecticiden);
- Groeiregulatoren;
- Mollusciciden;
- Overige gewasbeschermingsmiddelen.

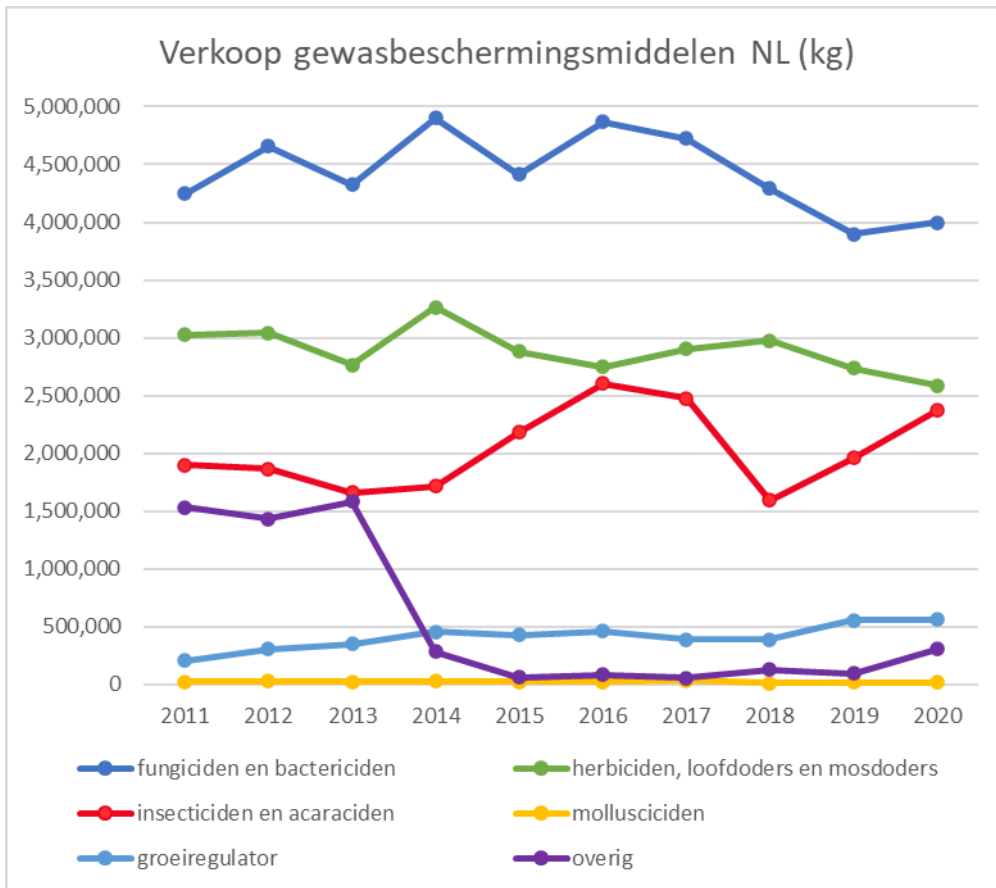
²⁵ Statistics | Eurostat (europa.eu)- bezocht op 12 april 2023

²⁶ Agri-environmental indicator - consumption of pesticides - Statistics Explained (europa.eu) – bezocht op 12 april 2023

²⁷ https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/aei_fm_salpest09/default/table?lang=en – bezocht op 12 april 2023

²⁸ https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/aei_fm_salpest09/default/table?lang=en – bezocht op 12 april 2023

Fungiciden zijn in de periode 2011-2020 de meest verkochte middelen in Nederland (Figuur 4.1.5), gevolgd door herbiciden. De hoeveelheid verkochte fungiciden en herbiciden is licht gedaald in deze periode, de hoeveelheid verkochte insecticiden is gestegen.



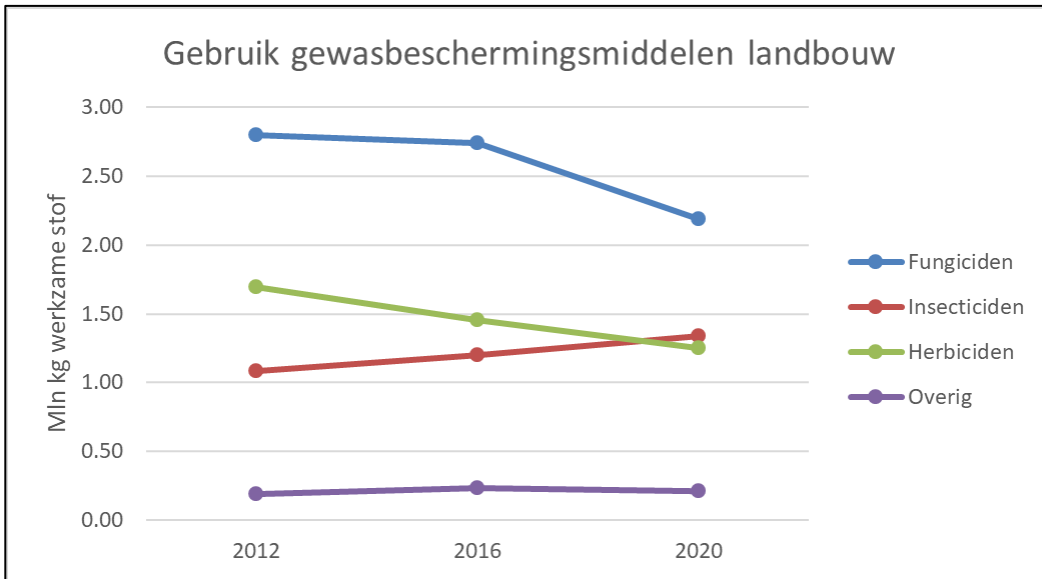
Figuur 4.1.5 Verkoop gewasbeschermingsmiddelen in NL (kg), 2011-2020, uitgesplitst naar type product: fungiciden en bactericiden, insecticiden en acariciden, Bron: Eurostat. Statistics | Eurostat (europa.eu) ²⁹

4.1.3 Gebruik van gewasbeschermingsmiddelen in de Nederlandse landbouw

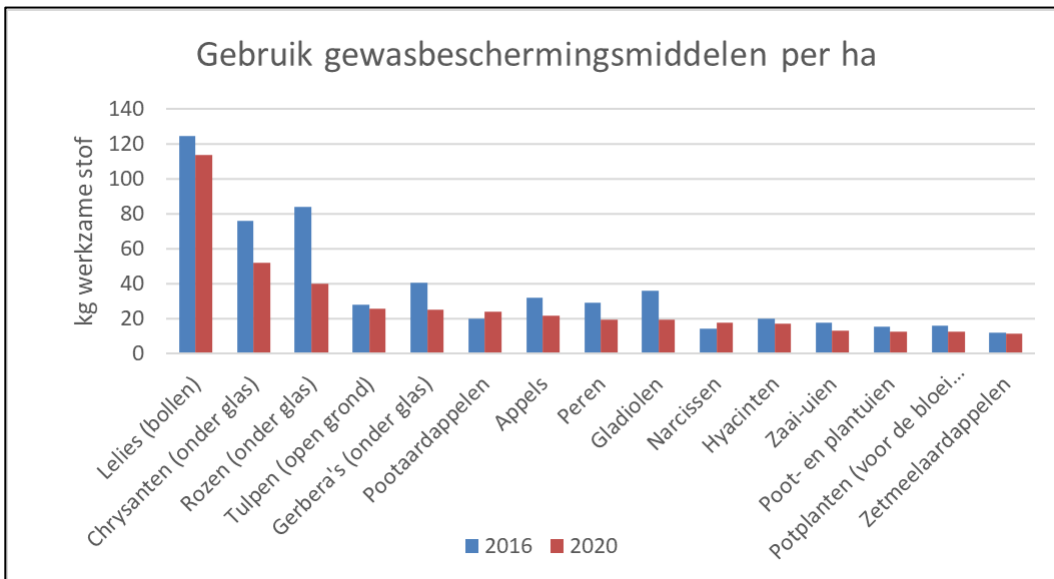
Het CBS (Centraal Bureau voor de Statistiek) houdt elke 4 jaar een enquête onder telers over het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen en publiceert deze cijfers over het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen in de landbouw in Nederland. Het CBS maakt daarbij onderscheid in 4 categorieën: fungiciden en bactericiden (fungiciden), insecticiden en acariciden (insecticiden), herbiciden, loofdoders en mosdoders (herbiciden), en overig (mollusciciden, groeiregulatoren en overige middelen). De trend die deze cijfers van het CBS laten zien voor gebruik van gewasbeschermingsmiddelen in de landbouw is gelijk aan die van de verkoop van gewasbeschermingsmiddelen binnen en buiten de landbouw in Nederland van Eurostat: fungiciden en herbiciden nemen af, insecticiden neemt toe (Figuur 4.1.6).

De gewassen met het hoogste gebruik aan actieve stof per hectare staan weergegeven in Figuur 4.1.7. In alle gewassen is het gerapporteerde gebruik in 2020 lager dan in 2016, met uitzondering van poot aardappelen en narcissen. De top 3 in gebruik van gewasbeschermingsmiddelen per ha wordt gevormd door lelieteelt (bollen), chrysant en rozen.

²⁹ https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/aei_fm_salpest09/default/table?lang=en – bezocht op 12 april 2023



Figuur 4.1.6 Gebruik van gewasbeschermingsmiddelen in de landbouw in **NL** (Mln kg), 2012, 2016 en 2020, uitgesplitst naar type product: fungiciden, insecticiden, herbiciden en overig.³⁰



Figuur 4.1.7 Gebruik van gewasbeschermingsmiddelen in de gewassen met het hoogste gebruik van gewasbeschermingsmiddelen in **NL** (kg werkzame stof per hectare) in 2016 en 2020³¹

4.1.4 Geharmoniseerde Risico Indicatoren

In de Europese Unie is behoefte aan goede indicatoren voor het vaststellen van trends t.a.v. risico's die geassocieerd worden met het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen. Hiertoe heeft de Europese Commissie twee geharmoniseerde risico indicatoren vastgesteld die een gewogen trend geven: de Harmonised Risk Indicators 1 en 2 (HRI1 en HRI2). HRI1 is een indicator voor het risico van gewasbeschermingsmiddelen door verkoop en gebruik, HRI2 is een indicator voor het risico door het aantal vrijstellingen dat gegeven wordt³². Het ministerie van LNV berekent en publiceert de trends voor Nederland. De Europese Commissie berekent en publiceert de trends voor de EU als geheel.

HRI1 wordt berekend door de hoeveelheden van actieve stoffen die verkocht zijn met een weegfactor te vermenigvuldigen. Deze weegfactor is vastgesteld door de werkzame stoffen in vier groepen (1-4) en zeven categorieën (A-G) in te delen:

³⁰ <https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2022/02/landbouw-gebruikt-minder-gewasbeschermingsmiddelen>, bezocht: 12 april 2023

³¹ <https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2022/02/landbouw-gebruikt-minder-gewasbeschermingsmiddelen>

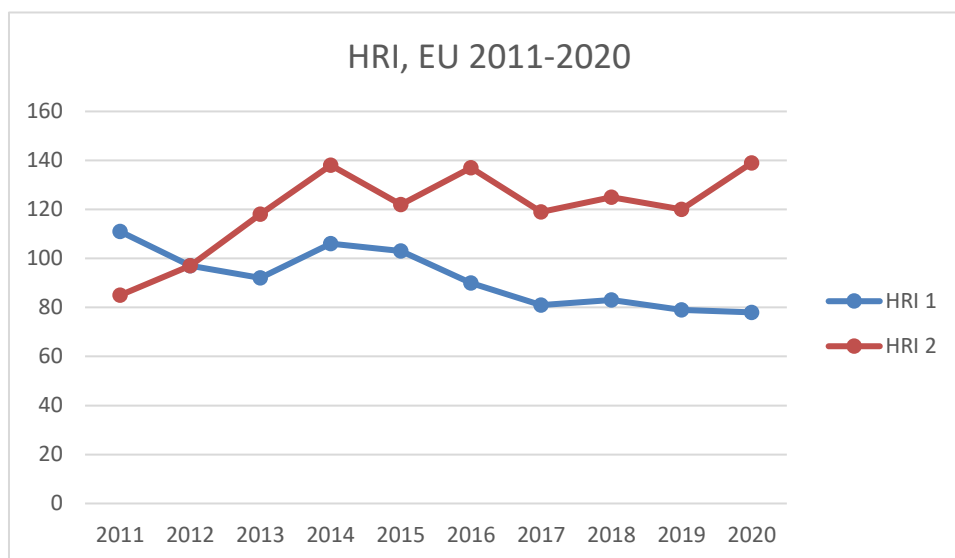
³² trends eu (europa.eu)

- Groep 1: Laag-risicostoffen verdeeld over stoffen op basis van micro-organismen (A) en chemische stoffen (B).
- Groep 2: Stoffen op basis van micro-organismen (C) en chemische stoffen (D).
- Groep 3: Stoffen die in aanmerking komen om te worden vervangen (Candidate for Substitution, Cfs). Er wordt onderscheid gemaakt tussen stoffen die niet geassocieerd zijn als carcinogeen, reprotoxisch of hormoonversturend (E) en stoffen die wel geassocieerd zijn als carcinogeen, reprotoxisch of hormoonversturend (F).
- Groep 4: Stoffen die nog niet of niet (meer) zijn goedgekeurd (G). Deze vier groepen komen overeen met de omschrijving in Verordening (EG) nr. 1107/2009³³.

HRI2 wordt berekend door het aantal vrijstellingen dat wordt verleend door de lidstaten onder artikel 53 uit Verordening (EG) nr. 1107/2009 te vermenigvuldigen met een weegfactor. Net als voor HRI1 worden actieve stoffen gegroepeerd in de vier bovengenoemde groepen en vindt weging plaats per categorie.

Voor beide indicatoren vormt het gemiddelde over de jaren 2011-2013 de referentie. De beschrijving van de berekening is vastgelegd in Annex IV van de verordening.

Op 25 augustus 2022 heeft de Europese Commissie een update over de HRI gepubliceerd, waarmee de trend voor de periode 2011-2020 weergegeven kan worden. HRI1 laat voor Europa een afname zien van 22% sinds de referentieperiode 2011-2013, en een afname van 1% ten opzichte van 2019. HRI2 laat een toename zien van 38% sinds de referentieperiode 2011-2013 en een toename van 17% sinds 2019 (Figuur 4.1.8).

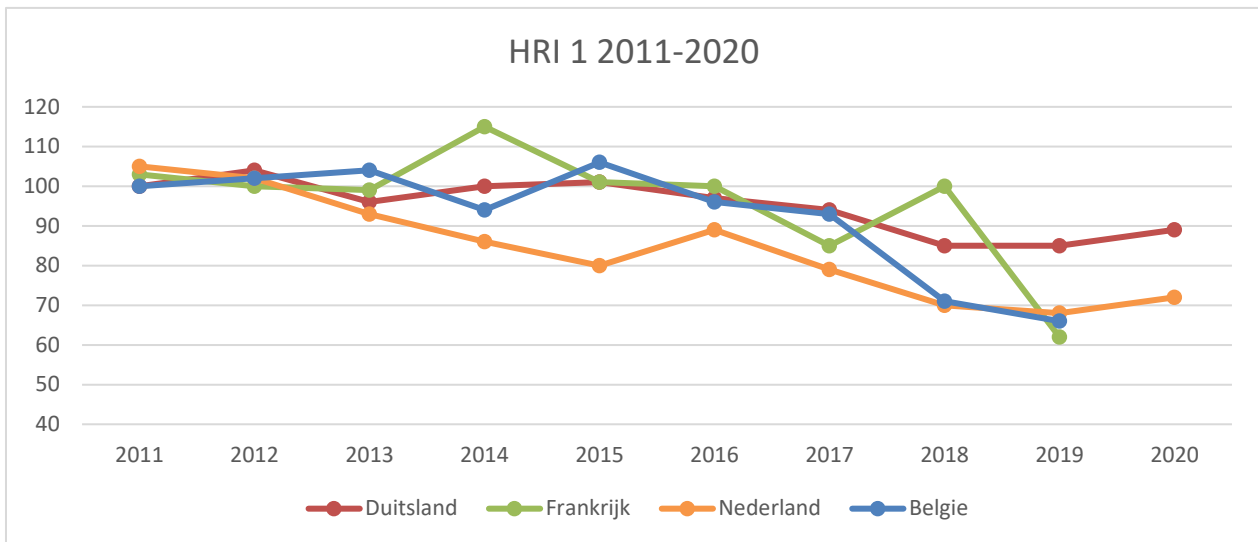


Figuur 4.1.8 Trends in Harmonised Risk Indicator 1 en Harmonised Risk Indicator 2 voor de **EU** in de periode 2011-2020³⁴

In Figuur 4.1.9 is de HRI 1 voor Nederland, Frankrijk, Duitsland en België weergegeven, deze geeft een trend voor de verkoop van actieve stoffen weer. In de periode 2011-2020 neemt in Nederland de verkoop bijna ieder jaar af, met uitzondering van 2016 en 2020. Ook in Duitsland, Frankrijk en België is een afname ten opzichte van de referentieperiode 2011-2013 waar te nemen (voor Frankrijk en België zijn nog geen gegevens van 2020 beschikbaar).

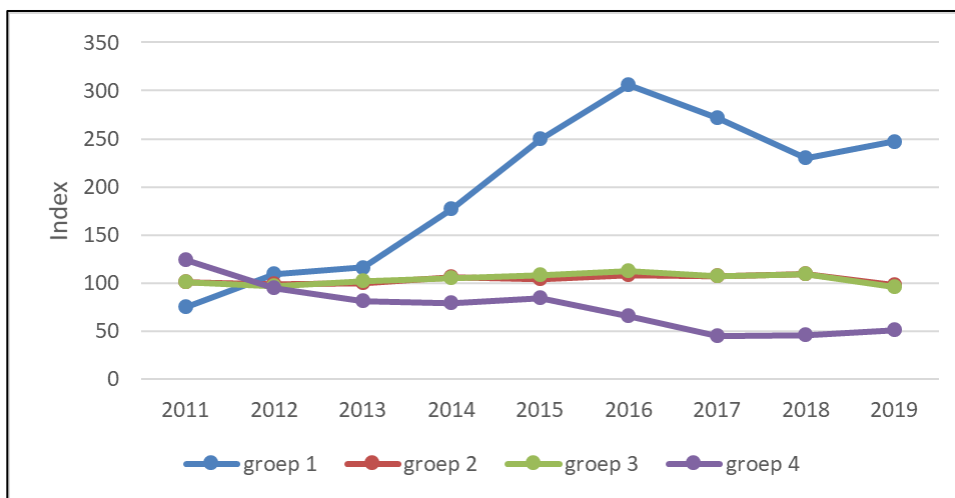
³³ EUR-Lex - 32009R1107 - NL - EUR-Lex (europa.eu), bezocht op 12 april 2023

³⁴ trends eu (europa.eu), bezocht op 12 april 2023



Figuur 4.1.9 Trends in Harmonised Risk Indicator 1 voor **Duitsland, Frankrijk, België en Nederland** in de periode 2011-2020³⁵

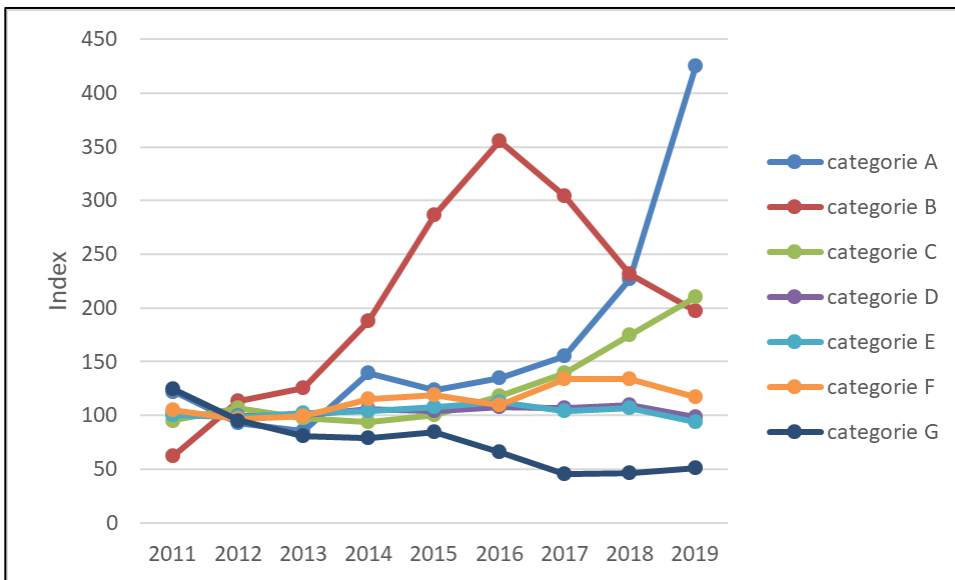
Figuren 4.1.10 en 4.1.11 geven de trends per stofgroep en categorie weer voor de EU tot en met 2019. Voor veel landen ontbreken de gegevens over 2020 nog. Deze laten zien dat de aanwezigheid van laag risico stoffen (groep 1) op de EU markt toeneemt en dat de aanwezigheid van stoffen die nog niet of niet meer zijn goedgekeurd (groep 4) afneemt. Het volume van laag risico stoffen in het totaal is echter nog relatief laag. Daarnaast valt op dat de toename van de laag risico stoffen veroorzaakt wordt door de stijging van stoffen op basis van micro-organismen (categorie A), en dat het aantal laag risico stoffen op basis van chemische stoffen afneemt (categorie B). Er is een toename van stoffen op basis van micro-organismen (categorie C).



Figuur 4.1.10 Trend in de hoeveelheid actieve stoffen aanwezig in gewasbeschermingsmiddelen op de markt, per groep voor de **EU** in de periode 2011-2019³⁶. Groep 1: Laag-risicostoffen, groep 2: stoffen op basis van micro-organismen en chemische stoffen, groep 3: stoffen die in aanmerking komen om te worden vervangen (Candidate for Substitution), groep 4: Stoffen die nog niet of niet (meer) zijn goedgekeurd (G).

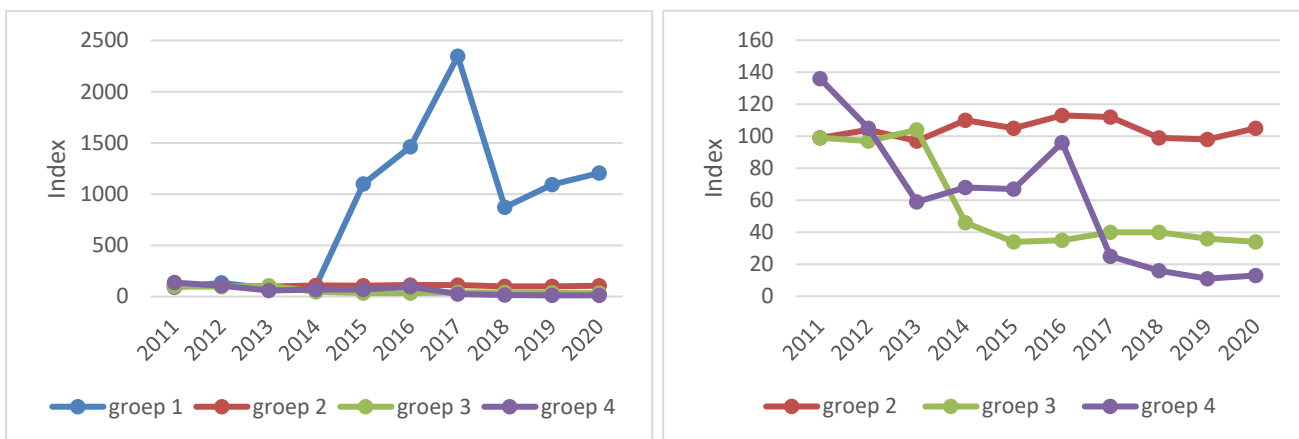
³⁵ https://food.ec.europa.eu/plants/pesticides/sustainable-use-pesticides/harmonised-risk-indicators/trends-harmonised-risk-indicators-member-states_en, bezocht op 12 april 2023

³⁶ trends eu (europa.eu)



Figuur 4.1.11 Trend in de hoeveelheid actieve stoffen aanwezig in gewasbeschermingsmiddelen op de markt, per categorie voor de EU in de periode 2011-2019³⁷. Categorie A: laag-risico stoffen op basis van micro-organismen, categorie B: laag risico stoffen op basis van chemische stoffen, categorie C: stoffen op basis van micro-organismen, categorie D: stoffen op basis van chemische stoffen, Categorie E: stoffen die in aanmerking komen om te worden vervangen (Candidate for Substitution) die niet geassocieerd zijn met carcinogeniteit, reprotoxisch of hormoonverstorend. Categorie F: stoffen die in aanmerking komen om te worden vervangen (Candidate for Substitution) die geassocieerd zijn met carcinogeniteit, reprotoxisch of hormoonverstorend, Categorie G: stoffen die nog niet of niet (meer) zijn goedgekeurd (G).

Figuur en 4.1.12 en 4.1.13 geven de trends per stofgroep en categorie voor Nederland weer.



Figuur 4.1.12 Trend in de hoeveelheid actieve stoffen aanwezig in gewasbeschermingsmiddelen op de markt, per groep in Nederland in de periode 2011-2020³⁸. Groep 1: Laag-risicostoffen, groep 2: stoffen op basis van micro-organismen en chemische stoffen, groep 3: stoffen die in aanmerking komen om te worden vervangen (Candidate for Substitution), groep 4: Stoffen die nog niet of niet (meer) zijn goedgekeurd (G).

In Nederland is een stijgende trend te zien van laag risico stoffen (groep 1) (Figuur 4.1.12), deze is het sterkst voor de chemische laag-risico stoffen (categorie B), alhoewel ook eens stijgende trend voor stoffen op basis van micro-organismen is waar te nemen (categorie A)³⁹.

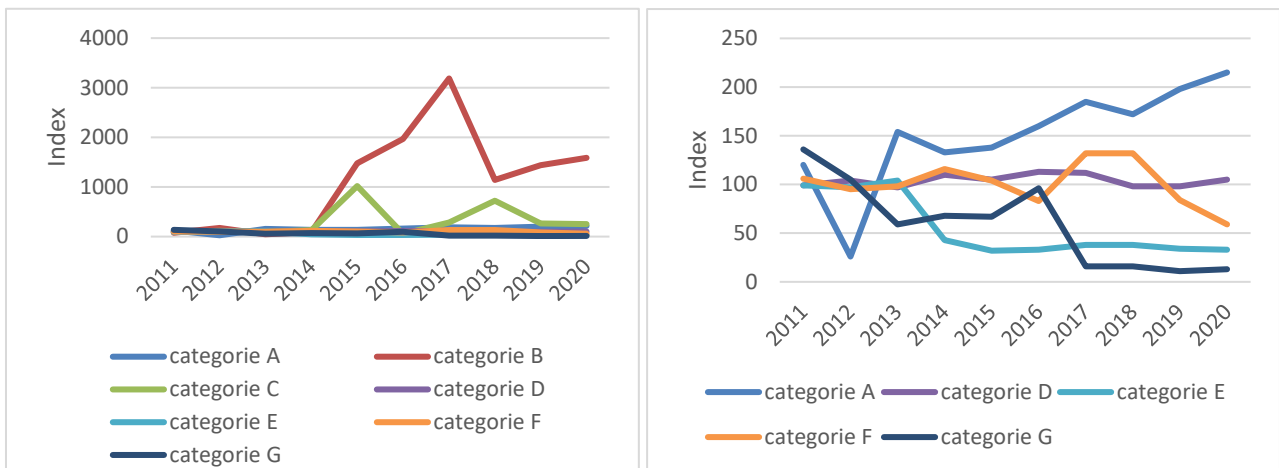
De stijgende trend in groep 2 is toe te schrijven aan stoffen op basis van micro-organismen (categorie C, Figuur 4.1.13), terwijl een licht dalende trend te zien is voor stoffen op basis van chemische stoffen (categorie D, Figuur 4.1.13).

³⁷ trends eu (europa.eu)

³⁸ Harmonised Risk Indicator (HRI) in Nederland | Publicatie | Rijksoverheid.nl

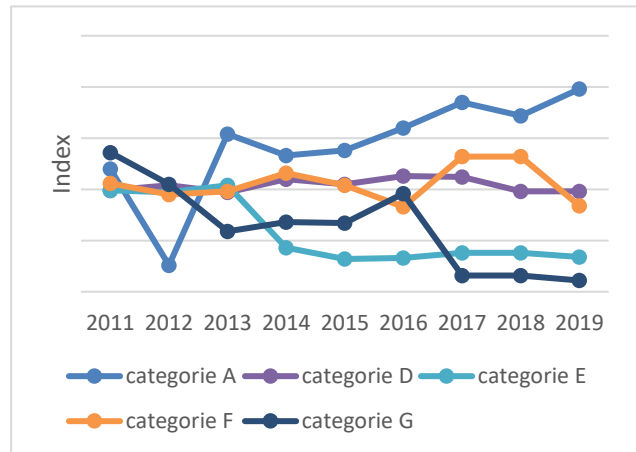
³⁹ Harmonised Risk Indicator (HRI) in Nederland | Publicatie | Rijksoverheid.nl

Een dalende trend is zichtbaar voor de CfS (groep 3, Figuur 4.1.12) en de stoffen zonder goedkeuring (groep 4, Figuur 4.1.12). Van de CfS laat categorie E de grootste dalende trend zien (stoffen die niet geïdentificeerd zijn als carcinogeen, reprotoxisch of hormoonverstorend), alhoewel ook categorie F (stoffen die geïdentificeerd zijn als carcinogeen, reprotoxisch of hormoonverstorend) in 2020 ook is afgenomen t.o.v.



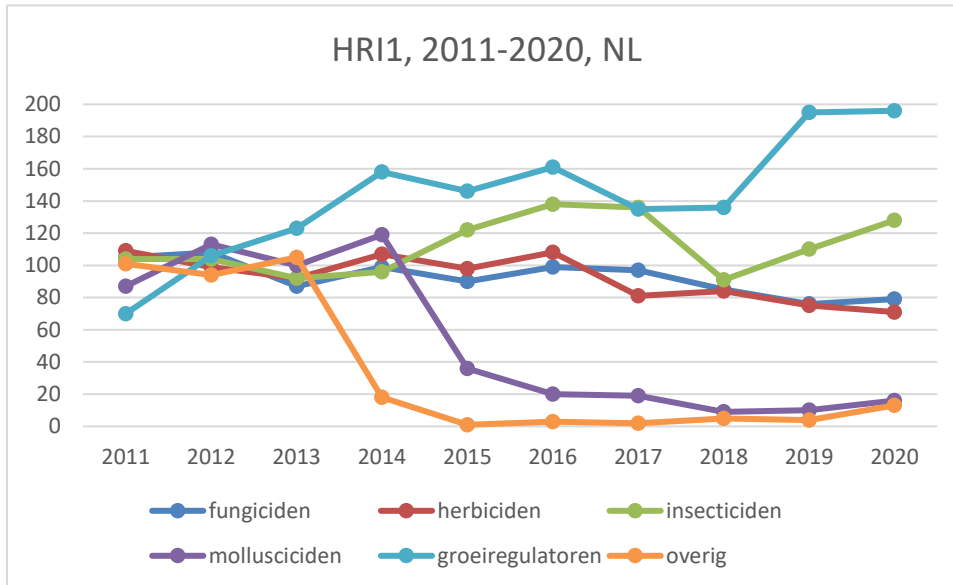
2011-2013.

Figuur 4.1.13 Trend in de hoeveelheid actieve stoffen aanwezig in gewasbeschermingsmiddelen op de markt, per categorie in **Nederland** in de periode 2011-2020⁴⁰. Categorie A: laag-risico stoffen op basis van micro-organismen, categorie B: laag risico stoffen op basis van chemische stoffen, categorie C: stoffen op basis van micro-organismen, categorie D: stoffen op basis van chemische stoffen, Categorie E: stoffen die in aanmerking komen om te worden vervangen (Candidate for Substitution) die niet geïdentificeerd zijn als carcinogeen, reprotoxisch of hormoonverstorend. Categorie F: stoffen die in aanmerking komen om te worden vervangen (Candidate for Substitution) die geïdentificeerd zijn als carcinogeen, reprotoxisch of hormoonverstorend, Categorie G: stoffen die nog niet of niet (meer) zijn goedgekeurd (G).



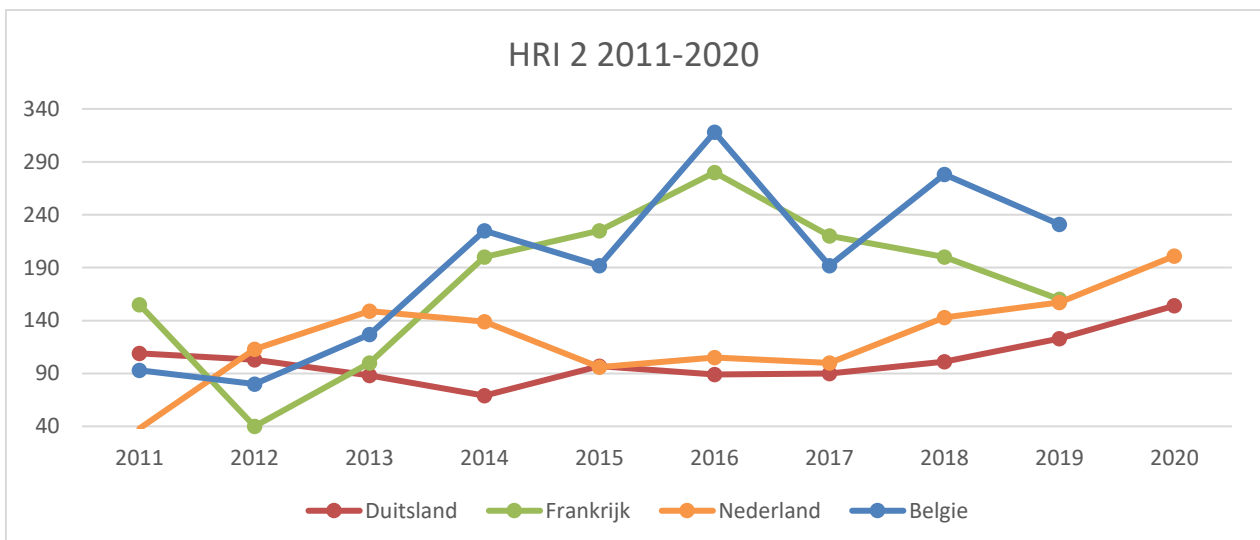
⁴⁰ trends eu (europa.eu)

Fungiciden zijn in de periode 2011-2020 de meest verkochte middelen in Nederland (Figuur 4.1.5), gevolgd door de herbiciden. De HRI 1 voor deze producttypen is licht gedaald in de periode 2011-2020 (Figuur 4.1.14). De HRI 1 voor groeiregulatoren laat de grootste stijgende trend zien.



Figuur 4.1.14 De trend voor de HRI1 voor gewasbeschermingsmiddelen in NL (HRI1), 2011-2020, uitgesplitst naar type product: fungiciden en bactericiden, insecticiden en acariciden, groeiregulatoren, mollusciden, herbiciden en overige gewasbeschermingsmiddelen⁴¹.

De trend in het aantal vrijstellingen wordt weergegeven door de HRI 2. Voor Nederland, Frankrijk, België en Duitsland staat deze weergegeven in Figuur 4.1.15. De HRI2 laat een stijgende trend zien in het aantal vrijstellingen voor gewasbeschermingsmiddelen voor Nederland, Duitsland en België. Na een aanvankelijke stijging in Frankrijk, daalt deze de laatste jaren weer. Vrijstellingen in Nederland worden aangevraagd voor teelten waar nog geen goed alternatief beschikbaar is, of voor kleine toepassingen (Nederland heeft relatief veel kleine, specialistische gewassen) waarvoor door de toelatingshouder geen aanvraag is ingediend.

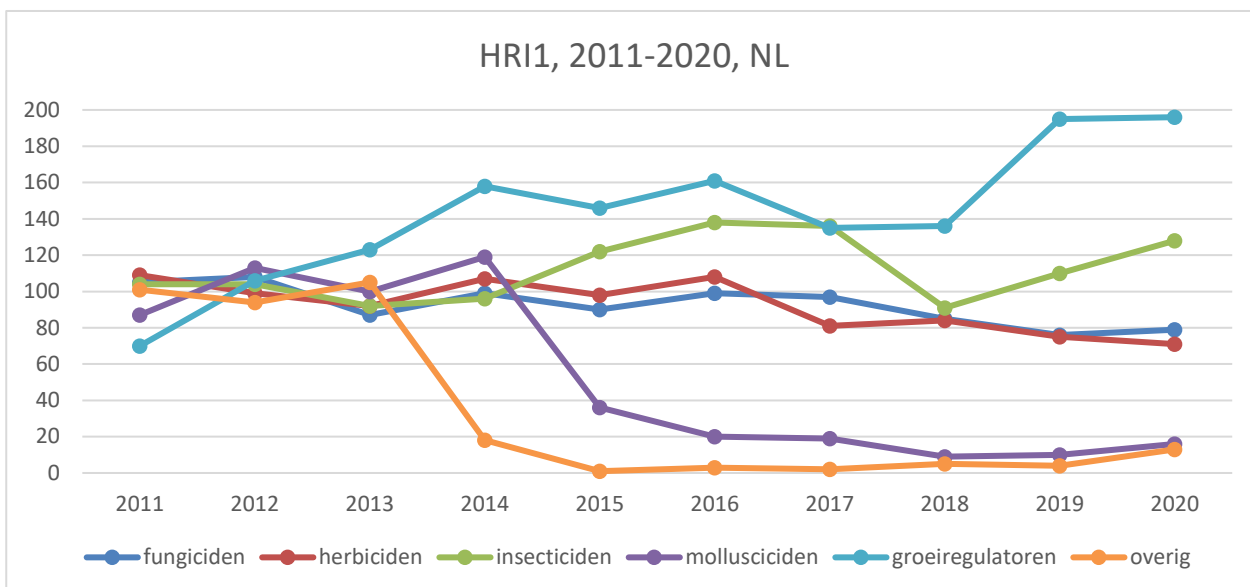


Figuur 4.1.15 Trends in Harmonised Risk Indicator 2 voor **Duitsland, Frankrijk, België en Nederland** in de periode 2011-2020⁴². Voor Frankrijk en België zijn nog geen gegevens over 2020 gepubliceerd.

Wanneer we kijken naar het aantal vrijstellingen per producttype in Nederland (figuur 4.1.16), dan is een toename te zien van het aantal vrijstellingen voor insecticiden en groeiregulatoren, een afname voor het aantal mollusciden, en een afname voor fungiciden en herbiciden.

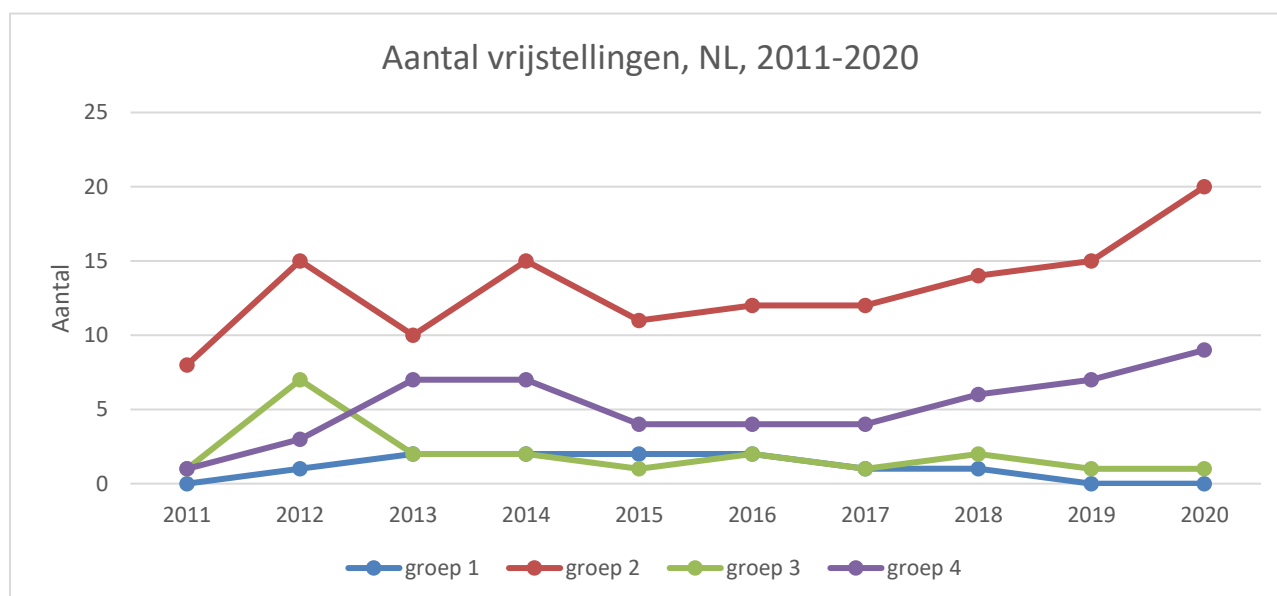
⁴¹ Harmonised Risk Indicator (HRI) in Nederland | Publicatie | Rijksoverheid.nl, bezocht op 3 feb 2022

⁴² Trends in Harmonised Risk Indicators for Member States (europa.eu)



Figuur 4.1.16 Het aantal vrijstellingen voor gewasbeschermingsmiddelen in **NL** (2011-2020), uitgesplitst naar type product: fungiciden en bactericiden, insecticiden en acariciden, groeiregulatoren, mollusciciden, herbiciden en overige gewasbeschermingsmiddelen⁴³.

Figuur 4.1.17 geeft het aantal verleende vrijstellingen per productgroep in Nederland weer. In Groep 2 en groep 4 neemt het aantal iets toe. Mogelijk vragen sectoren iets vaker een vrijstelling aan voor specifieke teelten en sectoren door wijzigingen in het beschikbare middelenpakket voor een specifieke teelt.



⁴³ Harmonised Risk Indicator (HRI) in Nederland | Publicatie | Rijksoverheid.nl

Figuur 4.1.17 Het aantal vrijstellingen voor gewasbeschermingsmiddelen in **NL** (2011-2020), uitgesplitst naar productgroep. Groep 1: Laag-risicostoffen, groep 2: stoffen op basis van micro-organismen en chemische stoffen, groep 3: stoffen die in aanmerking komen om te worden vervangen (Candidate for Substitution), groep 4: Stoffen die nog niet of niet (meer) zijn goedgekeurd (G)⁴⁴.

Op 22 juni 2022 heeft de EC een voorstel voor een nieuwe Sustainable Use Regulation (SUR) aangenomen, welke moet bijdragen aan de Farm to Fork doelen. Deze SUR beoogt het volgende:

- Wettelijk bindende doelen op EU niveau om het risico en gebruik van chemische pesticiden en het gebruik van de meer schadelijke gewasbeschermingsmiddelen in 2030 met 50% te reduceren. Lidstaten moeten hun eigen nationale reductiedoelen stellen;
- Milieu vriendelijke maatregelen gericht op preventie en alternatieven waarmee gewasbeschermingsmiddelen alleen nog als laatste redmiddel ingezet kunnen worden door professionele gebruikers
- Een verbod op alle gewasbeschermingsmiddelen in gevoelige gebieden.
- Verplicht aanvragen van onafhankelijk IPM advies.

De HRI1 en HRI2 zullen als indicator benut worden. De referentieperiode die gebruikt zal worden is de periode 2015–2017. Momenteel zijn voor Nederland nog geen HRI 1 en HRI2 beschikbaar met deze periode als referentie.

4.2 Typering van implicaties van beschikbaarheid van middelen voor de sectoren

Het is momenteel niet mogelijk een *kwantitatief* beeld te schetsen van het aantal knelpunten dat ervaren wordt door telers door een tekort aan een gewasbeschermingsmiddelen voor de beheersing van ziekten, plagen en onkruiden. Hiervoor zijn twee redenen: Ten eerste geven de cijfers in paragraaf 4.1 slechts beperkt informatie over het aantal beschikbare middelen per type product en het gebruik in de landbouw per gewas. De cijfers geven ook geen beeld van beschikbare middelen per ziekte, plaag of onkruid per teelt. Ten tweede geven de cijfers geen beeld van beschikbare alternatieven per ziekte, plaag of onkruid per teelt. Sectoren signaleren echter wel een beperking van het middelenpakket en ervaren een toename van het aantal knelpunten (Spoorenberg et al., 2019).

Het Ctgb signaleert sinds een aantal jaar een toename van het aantal vrijstellingsaanvragen: 12 aanvragen in 2018, 25 in 2019, 36 in 2020 en 39 in 2021⁴⁵. Een toename van het aantal aanvragen voor een vrijstelling kan wijzen op een door de sector ervaren behoefte aan gewasbeschermingsmiddelen in een bepaalde teelt, of een onvoldoende effectief alternatief. Dit is een onwenselijke situatie. Het ontwikkelen van voldoende effectieve alternatieve IPM maatregelen is daarom nodig.

Naast de toelating van een middel op de markt, kan ook een verandering van het etiket, bijvoorbeeld door bepaalde restricties voor gebruik, implicaties hebben voor een teelt. Een aanpassing van de maximale toepassing van 2 naar 1 maal per seizoen, of het verlagen van een maximale dosering kunnen impact hebben op de beheersbaarheid van een ziekte, plaag of onkruid in een teelt.

De volgende paragraaf geeft een indicatie van de implicaties van beschikbaarheid van gewasbeschermingsmiddelen voor de sectoren.

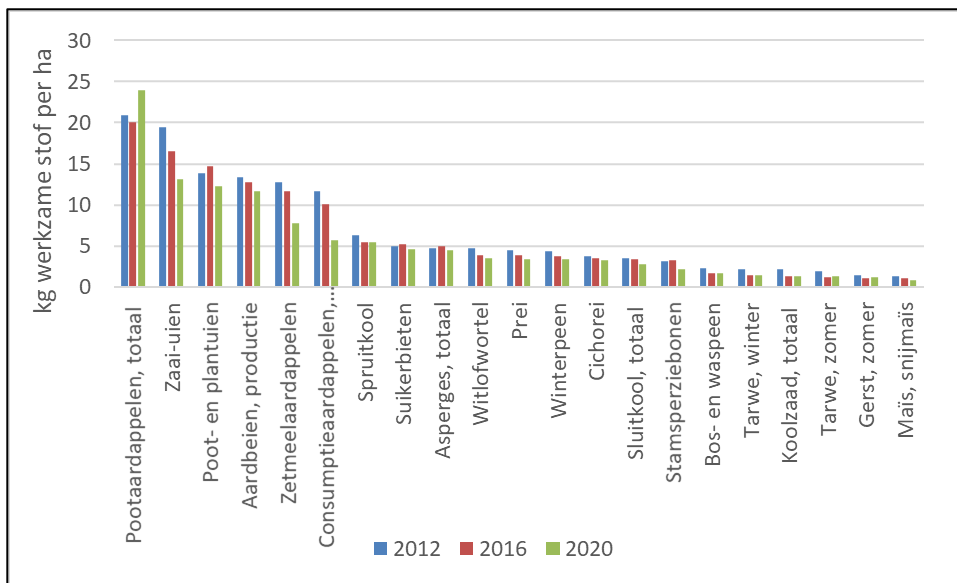
4.2.1 Akkerbouw en Vollegrondsgroenten

Om een indicatie te krijgen van de afhankelijkheid van de inzet van chemische gewasbeschermingsmiddelen, is gekeken naar beschikbare data over gebruik van gewasbeschermingsmiddelen per sector en gewas. Figuur 4.2.1 geeft het gebruik in kg werkzame stof per ha per gewas voor de akkerbouw weer. Hoewel dit niet 1 op 1 de afhankelijkheid laat zien, of de impact op het milieu, laat het wel zien in welke teelt veel gewasbeschermingsmiddelen worden ingezet.

⁴⁴ Harmonised Risk Indicator (HRI) in Nederland | Publicatie | Rijksoverheid.nl

⁴⁵ <https://www.ctgb.nl/onderwerpen/jaarbeeld/documenten/jaarverslagen/2021/05/10/jaarverslag-2020>, en jaarverslag ctgb 2021

In alle gewassen is het gerapporteerde gebruik in 2020 lager dan in 2016, met uitzondering van pootaardappelen. De top 3 in gebruik van gewasbeschermingsmiddelen per ha in de akkerbouw en vollegrondsgroenten wordt gevormd door pootaardappelen, zaaiuien, poot-en plantuien. Voor deze gewassen zal in de volgende paragrafen gekeken worden naar de implicaties van beschikbaarheid van gewasbeschermingsmiddelen.



Figuur 4.2.1 Gebruik van gewasbeschermingsmiddelen in de gewassen met het hoogste gebruik van gewasbeschermingsmiddelen in NL (kg werkzame stof per hectare) in 2012, 2016 en 2020⁴⁶

Het grootste deel van de middelen die in pootaardappelen worden ingezet zijn fungiciden (middelen tegen schimmels en bacteriën), en insecticiden³⁰. Sinds 2012 is het gebruik van fungiciden toegenomen van 20 kg/ha in 2016 tot 24 kg/ha in 2020. Ook de hoeveelheid insecticiden nam toe van 12 tot 17,2 kg/ha in deze periode³⁰. Uit de monitoring (Hoofdstuk 2) blijkt ook dat *Erwinia* en virusziekten als verontrustend worden gezien (Bijlage 3). Om virusziekten in aardappel te voorkomen worden insecticiden ingezet om de vectoren te bestrijden.

Deze toename moet wel gezien worden in het licht van het niet langer beschikbaar zijn van breedwerkende neonicotinoiden, welke vervangen zijn door alternatieve chemische middelen met een lagere effectiviteit en daardoor een groter gebruikt volume. De afhankelijkheid van deze twee groepen middelen zal zonder goede alternatieven daarom naar verwachting niet verminderen.

In de consumptie en zetmeelaardappelteelt worden fungiciden eveneens het meest toegepast. Belangrijke ziekten waartegen deze ingezet worden zijn *Phytophthora infestans* en *Alternaria alternata*. *Alternaria* wordt gezien als verontrustend (Bijlage 3). Een belangrijke component voor een gezonde aardappelteelt is een goede rotatie (zo ruim mogelijk), en het gebruikmaken van resistente en tolerante rassen. De combinatie van deze rassen met een goed adviessysteem dat aangeeft wanneer en hoe in te grijpen, kan oogstverlies voorkomen en het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen beperken. Er zijn een beperkt aantal resistentiegenen beschikbaar tegen *P infestans* en *Alternaria*. Het is van belang zuinig te zijn op deze genen en virulente mutanten van de ziekteveroorzakers zo weinig mogelijk kans te geven zich te vermenigvuldigen. Snel vernietigen van een aangetaste plant is belangrijk. Wanneer fungiciden worden toegepast is het belangrijk om middelen af te wisselen om resistentie-ontwikkeling te voorkomen. Het zal uitdagend worden om een goed resistentiemanagement te kunnen handhaven wanneer middelen uit groep 3 (stoffen die in aanmerking komen om te worden vervangen (Candidate for Substitution) niet langer beschikbaar zijn of een verminderd aantal maal toegepast kunnen worden zonder dat er alternatieven, zoals effectieve laag risico stoffen of micro organismen (groep 1 en groep 2), beschikbaar zijn.

Op dit moment is geen systeem beschikbaar dat 100% onafhankelijk is van fungiciden voor de beheersing van deze ziekten.

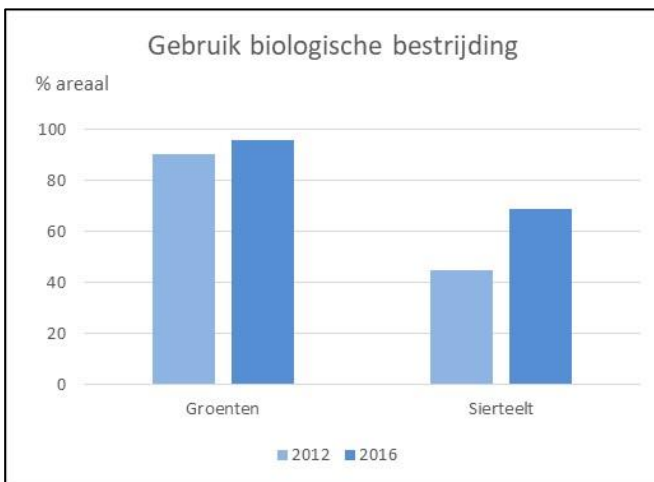
⁴⁶ <https://opendata.cbs.nl/#/CBS/nl/dataset/85130NED/table?dl=5F4F8>

In zaaiuien is het totale gebruik van gewasbeschermingsmiddelen per jaar per ha afgenomen sinds 2016 (van 14.7 kg/ha in 2016 naar 12.3 kg/ha in 2020). Dit geeft wellicht een vertekend beeld: 2020 was een droog jaar, waarin relatief weinig schimmelaantasting werd gezien. In zaaiuien worden met name fungiciden en herbiciden gebruikt³⁰. Bodemschimmels en valse meeldauw worden als verontrustend gezien, zo blijkt uit de monitor (Bijlage 3). Valse meeldauw (*Peronospera* sp.) heeft in 2021 voor veel aantasting gezorgd, ook in rassen met hoge resistentie tegen valse meeldauw. In uien is de resistentie tegen meeldauw op 1 gen gebaseerd. Dit is kwetsbaar voor resistentiedoorbraak wanneer de infectiedruk hoog is.

Uien zijn een relatief open gewas waardoor onkruiden zich relatief makkelijk kunnen ontwikkelen. Mechanische onkruidbestrijding, zeker in de eerste periode na zaai, is een uitdaging in verband met het risico op eventuele gewasschade door de bewerking of door de weersafhankelijkheid van de bewerkingen. Voor onkruidbestrijding in die kritieke periode wordt veelal gebruik gemaakt van herbiciden die vallen in groep 3 (CfS). Er zal meer ingezet moeten worden op de ontwikkeling van precisie apparatuur waarmee de onkruiden mechanisch (of thermisch) verwijderd kunnen worden. Daartoe is de ontwikkeling van algoritmen waarin onkruid- en ui-zaailingen in een vroeg stadium van elkaar onderscheiden kunnen worden, onder verschillende weersomstandigheden, en gekoppeld aan een goede effectieve actuatie (schoffel, eg, branden, etc.) nodig.

4.2.2 Glastuinbouw

Door de gunstige opties voor biologisch bestrijding in de bedekte teelten maken veel telers gebruik van natuurlijke vijanden bij bestrijding van plagen (Figuur 4.2.2). In 2016 (CBS, 2018) was dit gebruikelijk op 96% van de glasgroente bedrijven en op bijna 70% van de sierteelt bedrijven. Daarnaast worden echter nog steeds veel chemische middelen ingezet (Figuur 4.2.3). Met name in de sierteelt is het gebruik hoog, en chrysant, roos en gerbera, zitten in de top 10 van teelten met het hoogste gebruik per ha. Dit hoge gebruik komt mede voort uit de hoge eisen (sierwaarde) die door de consument aan de producten wordt gesteld.

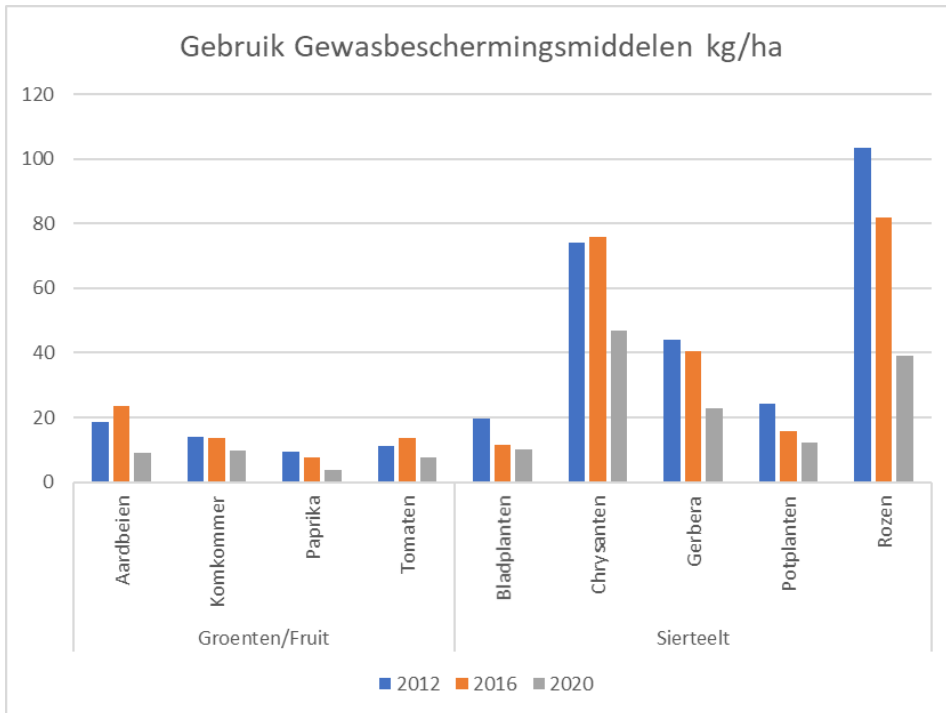


Figuur 4.2.2 Percentage van het areaal waarop (macro) biologische gewasbescherming in de glastuinbouw wordt toegepast (CBS, 2018)⁴⁷.

Het gebruik van chemische middelen lag in 2020 wel veel lager dan in 2016 (Figuur 4.2.3), door met name een afname in het gebruik van schimmel en bacterie-bestrijdende middelen. Ook het gebruik van middelen tegen insecten en mijten lag in de meeste kasteelten in 2020 lager met uitzondering van tomaat en bladplanten. Berekeningen met de milieumeetlat glastuinbouw gaven aan dat de milieubelasting op waterleven bij groenten tussen 2012 en 2016 flink is afgenomen, vooral door een afname van het gebruik van bepaalde insecticiden in paprika en komkommer. Bij sierteelt is eveneens sprake van een afname van de milieubelasting volgens deze berekeningen

⁴⁷ <https://opendata.cbs.nl/#/CBS/nl/dataset/84008NED/table?ts=1649415403742> .

⁵⁰ Hoftijzer et al, 2018. Milieubelasting glastuinbouw 2004-2016. 2018-081b_Milieubelasting_Glastuinbouw_def.pdf (glastuinbouwnederland.nl)



Figuur 4.2.3 Gebruik gewasbeschermingsmiddelen in de glastuinbouw in kg/ha in de periode 2012-2020 (CBS, 2021)⁴⁸.

Glastuinbouw Nederland publiceerde in 2021 een top 12 van knelpunten op het gebied van gewasbescherming. Zij signaleren een tekort aan bestrijdingsopties, veelal door het niet beschikbaar hebben van een gewasbeschermingsmiddel in een specifieke teelt voor plaagorganismen⁴⁹:

- Kaswittevlug en tabakswittevlug (*Bemisia tabaci*) in vruchtgroententeelt en sierteelt. Een aantal gebieden binnen en buiten Europa eisen Bemisia vrije producten.
- Bladluisbeheersing in vruchtgroententeelten; boterbloemluis in bloemisterijgewassen, aubergine- en paprikateelt.
- Rupsenbeheersing in veel gewassen onder glas. Ondanks beschikbaarheid van middelen op basis van *Bacillus thuringiensis*, ontbreekt het aan een selectief "knock down" middel of een effectieve selectieve predator.
- Trips in bloemisterijgewassen, komkommer en paprika.
- Wantsen en cicaden in vruchtgroenten en bloemisterijgewassen: brandnetelwants, groene appelwants en behaarde wants.
- Wol-, dop- en schildluis.
- Weekhuidmijten in gerbera, bromelia en amaryllis. Galmijt in tomaat.
- Echte meeldauw in gerbera, roos, potplantenteelten en paprika.
- Fusarium in grondgebonden snijbloemeteelt en sla, potorchidee en tomaat.
- Phytophthora in potplanten, aardbei, paprika en tomaat.
- Virussen die overdragen worden door thrips, wittevlug en luis.
- Quarantaine bacteriën als *Ralstonia* en *Xylella*.

Specifieke knelpunten die Glastuinbouw Nederland benoemt als gevolg van een onvoldoende breed middelenpakket zijn:

- Valse meeldauw in radijs, sla en zomerbloemen onder glas
- Botrytis in aardbei, tomaat, bladgewassen en bladkool
- Mineervlieg in grondgebonden snijbloemeteelt
- Verticillium in snijbloemeteelt (chrysant, zomerbloemen en roos)

⁴⁸ <https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2022/02/landbouw-gebruikt-minder-gewasbeschermingsmiddelen#:~:text=In%202020%20werd%20bijna%20,meest%20gebruikte%20groep%20van%20gewasbeschermingsmiddelen>

⁴⁹ https://www.glastuinbouwnederland.nl/content/glastuinbouwnederland/docs/themas/Plantgezondheid/03_middelenpakket/Knelpuntenlijst_2021_Glastuinbouw.pdf

- Lyprauta in orchidee en anthurium.
- Groeiregulatoren in sierteelt.
- Slakken in cymbidium en alstroemeria, diverse potplantenteelt en bladgewassen.

4.2.3 Fruitteelt en bomen

De volgende ziekten en plagen vormen een knelpunt in de fruitteelt en zijn moeilijk te beheersen met het huidige middelen en maatregelen pakket.

- Appelbloedluis (*Eriosoma lanigerum*)
- Appelbloesemkever (*Anthonomus pomorum*)
- Suzuki-fruitvlieg (*Drosophila suzukii*)
- Perenbladvlo (*Cacopsylla pyricola*)
- Perenknopkever (*Anthonomus piri*)
- Bacterievuur in appel en peer (*Erwinia amylovora*)
- *Pseudomonas syringae* in steenfruit en peer
- Vruchtboomkanker in appel (*Neonectria ditissima*)
- Zwartvruchtrot in peer (*Stemphylium vesicarium*)
- Perengalmug (*Contarinia pyrivora*)
- Fruitmot (*Cydia pomonella*)
- Perenzaagwesp (*Hoplocampa brevis*)
- Stinkwantsen, zowel de bruin gemarmerde stinkwants als de roodpoot schildwants en de grauwe veldwants.

De beheersing van insecten, en in het bijzonder kevers, is moeilijk in de fruitteelt. Er zijn in Nederland geen biologische bestrijdingsmethoden beschikbaar tegen kevers en deze plagen zijn dan ook knelpunten in de biologische fruitteelt.

In de geïntegreerde teelt worden voor de bestrijding nu toe vooral neonicotinoïden gebruikt. In een aantal projecten wordt onderzocht hoe plaagvorming door kevers kan worden voorkomen door de natuurlijke weerbaarheid van de boomgaard maximaal te benutten, en selectieve, additionele maatregelen in te zetten. Tegen bacterieziekten zijn geen middelen beschikbaar. In appel en peer lijkt bacterievuur toe te nemen. Een aantal schimmelziekten, zoals vruchtboomkanker en zwartvruchtrot, zal in de gangbare teelt steeds moeilijker te bestrijden zijn door het wegvallen van effectieve preventieve middelen zoals captan.

4.2.4 Bloembollen

Met betrekking tot het krimpde middelen pakket zijn er in de bollenteelt een aantal ziekten en plagen die (nog meer dan nu het geval is) tot problemen zullen leiden. Er wordt momenteel onder leiding van de KAVB een knelpuntenanalyse uitgevoerd in de gehele sector. Aan de hand van deze knelpunten zullen strategieën opgezet worden die gericht zijn op een duurzame beheersing in 2030. De definitieve resultaten en strategieën van de knelpuntenanalyse zijn nog niet beschikbaar. Een rapport van de knelpuntenanalyse zou een sterke aanvulling vormen op het huidige rapport. Tussentijdse resultaten tonen al een aantal knelpunten, maar het is niet uit te sluiten dat er nog meer geïdentificeerd zullen worden in het lopende proces. Geïdentificeerde knelpunten tot nu toe:

- Virus
- Onkruid
- Nematoden
- Bacterieziek
- Bolontsmetting
- Vuur (*Botrytis*)
- Bemesting
- Ritnaalden / emelten
- Trips

De strategie om de knelpunten aan te pakken richt zich op korte, middellange en lange termijn oplossingen en onderzoeken. Deze knelpunten dienen als input voor verschillende PPS projecten / aanvragen.

5 Ontwikkelingen voor weerbare teeltsystemen met minder afhankelijkheid van gewasbeschermingsmiddelen: algemene stand van zaken en trends

Sinds 2014 zijn professionele gebruikers van gewasbeschermingsmiddelen in de EU verplicht om te werken volgens de 8 principes van IPM. Desondanks is de afhankelijkheid van middelen in Europa en in Nederland nog steeds aanwezig en wordt beperkt gewerkt volgens de 8 principes van IPM⁵⁰. Gezien deze afhankelijkheid van de Nederlandse land- en tuinbouw van gewasbeschermingsmiddelen, is het cruciaal om weerbare teeltsystemen te ontwikkelen die helpen om die afhankelijkheid te verminderen. In feite is dit de laatste stap van drie stappen die doorlopen worden in een duurzaamheids transitie volgens het zogenaamde ESR-paradigma (McRae, 1990): Efficiency (Efficiëntie), Substitution (Vervanging) en Redesign (Herontwerp). In de afgelopen decennia is met name gewerkt aan het verhogen van de efficiëntie van de middelen zelf en de toediening van de middelen, en er is gewerkt aan het vervangen van middelen met een relatief hoog risico profiel door middelen met een positiever milieu-profiel. Het ontwikkelen van weerbare teeltsystemen, is de derde stap. Er zijn verschillende bouwstenen voor de ontwikkeling van die weerbare teeltsystemen:

- Weerbare teeltconcepten door het benutten van het principe van diversificatie bij de inrichting van een teeltsysteem, inclusief verbinden landbouw en natuur (zie 5.1)
- Maatregelen die gericht zijn op een duurzame, gezonde bodem (zie 5.2)
- Ontwikkelen en benutten van weerbare rassen (zie 5.3)
- Gebruik maken van schoon uitgangsmateriaal (zie 5.4)
- Nuttige organismen inzetten (zie 5.5)
- Geïnduceerde plantweerbaarheid (zie 5.6)
- Precies waarnemen en ingrijpen (zie 5.7).

In hoofdstuk 6 wordt de ontwikkeling van deze bouwstenen voor de verschillende sectoren beschreven. Voor de akkerbouw en vollegrondsgroenten is een raamwerk voor het ontwerp van een teeltsysteem gericht op verminderde afhankelijkheid van gewasbeschermingsmiddelen ontwikkeld: de ICM aanpak⁵¹. Deze combineert preventieve maatregelen als verhogen van de diversiteit, benutten van weerbare rassen en duurzaam bodembeheer met gerichte bestrijding door de inzet van gewasbeschermingsmiddelen en nuttige organismen op basis van goede monitoring en detectie (zie 7.4).

5.1 Weerbare teeltconcepten, incl. verbinden landbouw en natuur

Introductie weerbare teeltconcepten

“Planten en teeltsystemen zijn weerbaar” is het eerste strategisch doel van de *Visie Gewasbescherming 2030*. In weerbare teeltsystemen krijgen ziekten, plagen en onkruiden minder kans zich te vestigen en te vermeerderen waardoor noodzaak en intensiteit van toepassing van gewasbeschermingsmiddelen zo laag mogelijk is.

⁵⁰ https://www.clm.nl/wp-content/uploads/2021/09/968-CLMrapport-Tussenevaluatie_GGDO_IPM.pdf

⁵¹ Zie o.a.:

-An Integrated Weed Management framework: A pan-European perspective - <https://doi.org/10.1016/j.eja.2021.126443>

-Integrated nematode management and crop health: future challenges and opportunities -

<https://doi.org/10.1079/9781789247541.0001>

-Integrated nematode management: state-of-the-art and visions for the future - <https://doi.org/10.1079/9781789247541.0000>

De beoogde weerbare teeltsystemen worden bereikt door zorg te dragen voor een weerbare bodem of andere groeimedia (zie 5.2), telen van weerbare rassen (5.3), gezond uitgangsmateriaal (5.4), waar mogelijk inzet van nuttige organismen (5.5) en geïnduceerde weerbaarheid van planten (5.6).

Genoemde componenten dienen alle ingepast te worden in een uitgekiend teeltconcept (inrichting) van een teeltsysteem dat daarnaast zoveel mogelijk gebruik maakt van ecosysteemdiensten die door de natuur worden geleverd en bijdragen aan de beheersing en bestrijding van ziekten, plagen en onkruiden. Deze paragraaf gaat nader in op deze weerbare teeltconcepten.

De beoogde weerbare teeltconcepten zijn gebaseerd op het toepassen of combineren van een scala aan **bouwstenen** (methoden en technieken) bij de inrichting van een teeltsysteem **in de tijd en ruimte** die de weerbaarheid van een gewas of gewassen verhogen voor plagen, ziekten en/of onkruiden. Bouwstenen van een dergelijk inrichting van de teelt in de **tijd** zijn bijvoorbeeld specifieke gewasrotaties in de akkerbouw, het aantal vermeerderingscycli van bloembollen of de periode waarin een boomgaard in productie blijft. Bouwstenen van een inrichting van de teelt in de **ruimte** zijn bijvoorbeeld de organisatie van percelen, compartimentering in een kas, precisiewatering, de keuze voor grond of substraat en voor buiten- of binnen-teelt zoals bij aardbeien.

Deze bouwstenen van weerbare teeltconcepten zijn gericht op **preventie** d.m.v. de toepassing van twee verschillende mechanismen: i) Discontinuïteit van levenscycli van ziekten, plagen en onkruiden waardoor hun vermeerdering wordt beperkt, ii) Creëren van continuïteit, door o.a. verbinding met de natuur, van natuurlijke vijanden en antagonisten, waardoor hun vermeerdering wordt gestimuleerd.

Voorbeelden van weerbare teeltconcepten

Stapelen van bouwstenen in strokenteelt

Een voorbeeld van een weerbaar teeltconcept in de akkerbouw en vollegrondsgroente is de **strokenteelt** waarin gebruik wordt gemaakt van de genetische/gewas diversiteit in de ruimte (binnen en tussen gewassen) en de gewasdiversiteit in de tijd (ruime vruchtwisseling/lage teeltfrequentie). Maar strokenteelt zoals deze anno 2022 door een aantal voorhoede agrariërs benut wordt, maakt ook gebruik van andere componenten zoals resistente rassen, verbinden van landbouw en natuur door middel van aanleg van kruiden/bloemrijke randen, verbetering van de bodem door de aanvoer van organische stof, minimale grondbewerking en gebruik van groenbemesters. Regionaal zijn hiervoor onderzoek- en demonstratieprojecten die veel belangstelling van telers trekken⁵².

Stapelen van bouwstenen in bedekte teelt

De stap van open- naar bedekte teelt (met name kas) kan ook gezien worden als een manier om de weerbaarheid van het teeltsysteem te vergroten (Beerling et al. 2020; Kruidhof et al. 2020; De Autonome kas; Hemming et al. 2020; Delden et al. 2021). Hier liggen de volgende mechanismen aan ten grondslag:

- Hygiëne/fysieke barrière: teelt wordt minder blootgesteld aan ziekten en plagen van buiten.
- Optimale groeiomstandigheden: door klimaatsturing, belichting (en irrigatie, bemesting) kan het optimale klimaat (en groeiomstandigheden) voor de teelt worden gerealiseerd.
- Optimale omgevingsomstandigheden die levenscycli van met name ziekten doorbreken kunnen door juiste klimaatregeling worden gerealiseerd.
- Optimale omgevingsomstandigheden voor natuurlijke vijanden: glas-barrière kan voorkomen dat natuurlijke vijanden wegvliegen, daarnaast kunnen klimaat en belichting bijdragen aan het stimuleren van natuurlijke vijanden.

Toolbox voor weerbare teeltconcepten

In feite hebben agrarische ondernemers dus een scala aan mogelijkheden (bouwstenen) om de plantaardige productie zo robuust en veerkrachtig mogelijk te maken. Hoe effectief en hoe rendabel het is deze bouwstenen in te zetten, zal per bedrijf, teelt, sector of regio verschillen.

⁵² Bijvoorbeeld:

- Boerderij van de toekomst (<https://farmofthefuture.nl/>).

- Akker van de toekomst (<https://www.akkervandetoekomst.nl>).

- Innoveren naar duurzame en natuur inclusieve noordelijke bouwplannen

(<https://projecten.netwerkplatteland.nl/nl/project/innoveren-naar-duurzame-en-natuur-inclusieve-noordelijke-bouwplannen>).

Voor een weerbaar teeltsysteem zal de ondernemer over het algemeen verschillende van deze bouwstenen tegelijkertijd moeten inzetten ('stapelen van bouwstenen').

Bij toepassing van de bouwstenen moeten allerlei afwegingen gemaakt worden. Bijvoorbeeld, enerzijds kunnen natuurlijke ecosysteemdiensten bijdragen aan de beheersing van ziekten, plagen en onkruiden in een teeltsysteem, anderzijds kunnen ecosystemen ook een bron zijn van ziekten, plagen en onkruiden. Het is ook mogelijk dat een bepaald teeltconcept gunstig scoort op plaagonderdrukking maar slecht op de onderdrukking van onkruiden. Daarbij kunnen sommige bouwstenen ook direct voordelen opleveren voor andere beleidsdoelen zoals kringlooplandbouw en biodiversiteit.

Tenslotte, de toolbox waarover de agrarische ondernemer kan beschikken evolueert: de bijdrage van bekende bouwstenen kan verminderen door veranderingen in klimaat, ziekte- of plaagdruk, de markt of de maatschappij (wetgeving, publieke opinie), terwijl nieuwe tools zullen worden toegevoegd door innovatie en technologische ontwikkelingen. Voor het slagen van de doelstellingen van het Uitvoeringsprogramma is het zaak kansrijke methodes, technieken en systemen in een zo vroeg mogelijk stadium te identificeren zodat deze aan de tool-box kunnen worden toegevoegd. Anno 2022 hebben telers in alle sectoren belangstelling voor deze methodes, technieken en systemen maar moeten er in onderzoek en uitrol in de praktijk beslist nog stappen gemaakt worden.

Inventarisatie van innovatieve teeltconcepten

Als eerste actie tot een verdere ontwikkeling van weerbare teeltconcepten noemt het Uitvoeringsprogramma een inventarisatie van innovatieve teeltconcepten die momenteel in ontwikkeling zijn of voornemens hiertoe, en kunnen gaan bijdragen aan de totstandkoming van weerbare teeltsystemen in de Nederlandse praktijk. De desk-study is uitgevoerd voor zeven land- en tuinbouwsectoren: de akkerbouw, vollegrondsgroenteteelt, glasgroente, snijbloemen, pot- en perk planten, bloembollen en fruitteelt. De resultaten zijn beschreven in een rapport en worden hier kort samengevat (Hengstdijk et al. 2022).

Het gaat hier om concepten op basis van de wetenschappelijke inzichten (wat is er mogelijk) en initiatieven die al in de praktijk in ontwikkeling zijn maar nog niet breed toegepast, zowel in binnen- als buitenland. In totaal leverde de inventarisatie 24 innovatieve teeltconcepten op waarvan het merendeel in meerdere land- en tuinbouwsectoren een bijdrage kan leveren aan de doelen van het Uitvoeringsprogramma en andere beleidsdoelen. Per sector zijn kansrijke innovaties geïdentificeerd waarvan de verwachting is dat deze het meest bijdragen aan de doelen van het UP en waarvan de praktische haalbaarheid groot is. Deze kansrijke teeltconcepten kunnen op basis van prioritering in de sectorale onderzoeks-agenda's verder worden uitgewerkt ten aanzien van praktijkgereedheid en het economisch perspectief. Voorbeelden van zulke kansrijke innovaties zijn:

- Nieuwe gewasrotaties met een ziekte, plaag en onkruid onderdrukkende werking (akkerbouw en vollegrondsgroente);
- Vroegtijdige detectie van ziekten en plagen in lucht en water en het aanbrengen van meer agrobiodiversiteit in de kas (glasgroente, pot- en perkplanten en snijbloemen);
- Toepassing van meer agrobiodiversiteit (fruiteelt);
- Verhoging van de functionele agrobiodiversiteit, lineaire teelt i.p.v. circulair teelt, en nieuwe gewasrotaties (bloembollen).

Het is goed op te merken dat in verschillende onderzoeksprogramma's reeds aan het merendeel van de geïdentificeerde teeltconcepten wordt gewerkt. De studie geeft het belang aan dat ook bedrijfseconomische aspecten en het perspectief voor de ondernemers verder wordt uitgewerkt en dat daarbij in een vroegtijdig stadium potentiële belemmeringen in de wet- en regelgeving worden gesignaleerd die de toepassing van innovatieve teeltconcepten in de weg kunnen staan zoals het toelatingsbeleid van micro-organismen, fytosanitaire (export) eisen en ruimtelijk ordeningsbeleid.

Tijdens de uitvoering van de studie bleek ook dat het begrip 'teeltconcept' als één van de componenten van een weerbaar teeltsysteem soms tot verwarring te leiden. Het begrip teeltconcept blijkt moeilijk los te zien van andere componenten van een weerbaar teeltsysteem. Zowel beschouwd vanuit het onderzoek als vanuit de praktijkterugkoppeling dient dan ook duidelijk een systeemintegratie per teelt/sector centraal te staan.

Een geïntegreerde benadering en het slim combineren van verschillende componenten van weerbare teeltsystemen inclusief de geïnventariseerde innovatieve teeltconcepten zal de meeste winst opleveren t.a.v. het behalen van de doelen zoals die in de 'Toekomstvisie gewasbescherming 2030' zijn geformuleerd.

5.2 Weerbare bodem, andere groeimedia en bemesting

In een weerbare bodem hebben planten minder last (leiden minder schade) van de aanwezige pathogenen. Maar wat zorgt voor een weerbare bodem? Is deze weerbaarheid te sturen en zijn er (bodem)indicatoren die iets zeggen over de weerbaarheid van een bodem? Om hier uitspraken over te doen is het belangrijk om het eens te zijn over de definitie van een weerbare bodem. Een weerbare bodem is een breed begrip. Onder weerbaarheid wordt in dit rapport verstaan: de bijdrage die een bodem kan leveren aan het voorkomen, beheersen en bestrijden van ziekten en plagen. Een belangrijk aspect in dat proces is de status van de bodem. De status van de bodem wordt bepaald door een combinatie van factoren: bodemeigenschappen, omgevingsfactoren en management. Bodemeigenschappen worden ingedeeld in drie categorieën:

- 1) fysische eigenschappen van de bodem zoals bulkdichtheid of de bodemstructuur,
- 2) chemische eigenschappen; minerale samenstelling in de bodem, en
- 3) biologische bodemeigenschappen; denk hierbij bijvoorbeeld aan het bodemleven zoals schimmels en bacteriën.

De juiste combinatie van maatregelen (zoals grondbewerking, toepassen van organische stof maar ook vruchtwisseling) kan de status van de bodem zodanig beïnvloeden dat deze weerbaarder is tegen ziekten en plagen. Dat wil zeggen: een verminderde populatieopbouw van de ziekte in de bodem, of een verminderde vatbaarheid van het gewas voor een ziekte of plaag, wat ervoor zorgt dat er dan ook minder middelen (gewasbescherming, kunstmest) nodig is. In dit hoofdstuk wordt de laatste kennis samengevat ten aanzien van maatregelen die de eigenschappen van de bodem zodanig beïnvloeden dat de bodemweerbaarheid tegen ziekten en plagen positief beïnvloedt wordt. Een hoge biodiversiteit en een actief bodemleven worden vaak verondersteld de voornaamste factoren te zijn voor een weerbare bodem. Deze hypothese is nog onvoldoende onderbouwd met resultaten uit wetenschappelijk onderzoek.

Termorshuizen, Postma en Molendijk hebben in 2020 een uitgebreide deskstudie uitgevoerd naar bodemmaatregelen voor de beheersing van bodempathogenen. In dat rapport wordt onder andere een overzicht gegeven van de beschikbare kennis over de beheersing van bodempathogenen door (het verbeteren van)

bodemweerbaarheid. In dit hoofdstuk is zeer uitgebreid gebruik gemaakt van de informatie uit het rapport en ook de indeling van het rapport is deels aangehouden.

Ziektewerendheid van een bodem kan ingedeeld worden in drie typen: systeemweerbaarheid, microbiële weerbaarheid en abiotische weerbaarheid (Termorshuizen et al., 2020).

Biologische bodemkwaliteit

*Een goede biologische bodemkwaliteit, voor zover deze al helder is gedefinieerd, leidt niet automatisch tot effectieve ziektevering. De werkelijkheid is veel complexer. De relevante bodemeigenschappen voor een gezond gewas verschillen per pathogeen. Een bodem kan ziektevering zijn doordat het de aanwezige pathogenen inactief houdt of doordat deze afsterven. Een bodem kan een pathogeen inactief houden bijvoorbeeld doordat ze geen kans heeft om zich te verspreiden. Zo hebben *Pythium ultimum* (omvalziekte en -wortelrot) en *Spongospora subterranea* (poederschurft) veel minder kans in bodems waarin geen natte plekken ontstaan. Een bodem waarin doding van pathogenen optreedt kan worden veroorzaakt door aanwezige biologische bestrijders (antagonisten) of door toxische stoffen die door planten of micro-organismen worden uitgescheiden. Ook bij biologische bestrijders kan het mechanisme van doding veroorzaakt worden door productie van toxische stoffen (antibiotica), maar parasitisme speelt ook vaak een rol (Termorshuizen et al 2020).*

1. Verhoogde systeemweerbaarheid

Systeemweerbaarheid verwijst naar het onderdrukken van bodempathogenen door middel van vruchtwisseling en/of de teelt van gewassen die specifieke pathogenen onderdrukken, waaronder groenbemesters. Vruchtwisseling vormt de basis voor het beheersen van bodemziekten.

Met een goed doordachte vruchtwisseling kan schade veroorzaakt door verschillende bodemziekten, zoals bodemschimmels, nematoden en bodemplagen, worden beperkt of zelfs voorkomen. Door geen of slechte waardgewassen (gewassen die de ziekte niet vermeederen) op te nemen, kan voorkomen worden dat besmettingen zich uitbreiden tot schadelijke niveaus.

Om een effectieve gewasrotatie op te zetten, is het noodzakelijk om de startpositie van een perceel te kennen, inclusief welke pathogenen aanwezig zijn. Commerciële laboratoria kunnen kwantitatief bodemonderzoek uitvoeren tegen betaalbare tarieven voor alle plantparasitaire aaltjes en een aantal bodemschimmels (witrot en *Verticillium dahliae*). Voor pathogenen waarvoor betrouwbaar bodemonderzoek niet mogelijk is, zijn waarnemingen in het gewas belangrijk en moet de teler de plaats waar de aantasting optreedt goed documenteren.

In conclusie is systeemweerbaarheid de basis voor ziekte- en plaagbeheersing en daarmee van cruciaal belang voor bodemweerbaarheid. Door informatie te verschaffen over de status van waardplanten, kan een teler inzicht krijgen in slimme gewasvolgordes en ondersteuning krijgen bij bijvoorbeeld de keuze van groenbemesters. Hierdoor kan de vermeederen van aanwezige ziekten of plagen zoveel mogelijk worden beperkt. Het is echter essentieel dat de startpositie van het perceel bekend is. In de praktijk wordt het principe van systeemweerbaarheid veelvuldig toegepast. Telers maken gebruik van het aaltjes- en/of schimmelschema (www.aaltjesschema.nl of www.best4soil.eu) om tot een goed doordachte vruchtwisseling te komen. Dit leidt tot een minimale of verminderde inzet van gewasbeschermingsmiddelen, waaronder nematiciden.

2. Microbiële ziektevering: de ziektevering die wordt veroorzaakt door het bodemleven

De microbiële weerbaarheid kan worden onderverdeeld in algemene en specifieke weerbaarheid. Bij algemene weerbaarheid zijn meerdere bodemorganismen betrokken. *Pythium* is een schimmelachtig bodempathogeen (oomycet) die gevoelig is voor (onderdrukt wordt door) algemene ziektevering. Bij specifieke ziektevering is één (of een kleine groep) micro-organisme betrokken (vaak ook tegen één of enkele pathogenen). Een bekend voorbeeld is de weerbaarheid van sommige bodems tegen de bodemschimmel *Rhizoctonia solani* (Postma en Schilder 2015).

Er zijn verschillende mechanismen die een rol spelen bij microbiële weerbaarheid:

- Competitie om voedsel en ruimte (algemene ziektevering)
- Parasitisme en predatie (biologische bestrijding, specifiek)
- Productie van antibiotica (door toepassing van biologische bestrijders, specifiek)
- Productie van toxische vluchtige verbindingen (specifiek)
- Geïnduceerde resistentie door middel van biostimulanten (biotisch of abiotisch): maakt de plant minder vatbaar voor aantasting

Microbiële ziektevering kan worden bevorderd door:

- a) Toepassing van biologische bestrijders (biologische bestrijding). In de literatuur worden meerdere voorbeelden genoemd van bodems die van nature pathogenen onderdrukken. In de praktijk zijn effecten sterk wisselend, vooral in de buitenteelten. Daarom zijn deze toepassingen momenteel nog onvoldoende praktijkrijp. Zie hoofdstuk 6 voor meer informatie over deze maatregelen in de verschillende sectoren.
- b) Toepassing van organische stof/organische reststromen. Organisch materiaal zoals compost (voor algemene ziektevering) of specifieke organische stof zoals chitine, zaad-, haar- en verenmeel (om in de bodem aanwezige biologische bestrijders te stimuleren) worden gebruikt om de weerbaarheid te bevorderen.

- c) Onder geconditioneerde omstandigheden werden positieve effecten op de bodemweerbaarheid tegen onder andere *Rhizoctonia* gevonden door het toepassen van specifieke organische stofbronnen zoals chitine en haar-en veermeel, maar in veldexperimenten kon de ziektevering niet aangetoond worden (Postma et al., 2013, 2020). Termorshuizen en Postma (2021) geven in hun rapportage een uitgebreider overzicht van effecten van toevoer van verschillende organische stof bronnen op bodemleven en ziektevering.

Het toevoegen van (vers) organisch materiaal stimuleert het bodemleven en kan incidenteel de algemene bodemweerbaarheid verhogen. Een stimulering van het bodemleven betekent echter niet automatisch dat ook de ziektevering gestimuleerd wordt. In het algemeen wordt verwacht dat door toevoegen van extra organische stof het bodemleven wordt gestimuleerd, en dat dit een positief effect heeft op de algemene ziektevering.

Er zijn echter vaak maar zeer kleine, geen of zelfs negatieve effecten van het toevoegen van organische stof op de ziektevering van de bodem (Bonanomi et al., 2010). Pathogenen met competitief saprotroof vermogen (vermogen om op dood organisch materiaal te overleven) kunnen onder bepaalde omstandigheden gestimuleerd worden door aanwending van organische reststoffen, omdat ze zich daarop kunnen vermeerderen (Termorshuizen et al., 2020).

Het is (nog) niet uitgevonden welke mogelijkheden (technieken) de biologische samenstelling en daarmee de weerbaarheid van de bodem via organische stof kunnen verbeteren en een breed scala aan bodempathogenen kunnen onderdrukken. De hypothese dat een grotere biodiversiteit automatisch leidt tot een grotere weerbaarheid kan niet worden onderbouwd met onderzoeksgegevens. Het is dus onzeker of het vergroten van de bodembiodiversiteit de schade door bodempathogenen kan beperken.

Momenteel loopt er bij WUR onderzoek naar de inzet van combinaties van groenbemesters om de in de bodem aanwezige natuurlijke antagonisten te stimuleren en hiermee het teeltsysteem weerbaarder en biodiverser te maken op de lange termijn. Microbioom analyses worden uitgevoerd om inzicht te krijgen in de relaties tussen bodembioologie (bacterie- en schimmelpopulatie in de bodem) en bodem weerbaarheid (PPS: Groenbemesters, groenbemesters in de praktijk: een stap naar diversificatie van plantaardige productiesystemen).

Naast de hierboven genoemde specifieke bodembioologische aspecten, heeft organische stof ook bredere fysische en chemische effecten op de bodemkwaliteit. Door het toevoegen van organische stof kan de algehele bodemkwaliteit en daarmee de gewasgroei verbeteren, en het gewas mogelijk minder gevoelig maken voor ziekten en plagen. Voor het aanvoeren van organische stof is het van belang rekening te houden met de mogelijkheden en beperkingen die geschept worden in het mestbeleid.

3. Abiotische ziektevering

In het algemeen kan gesteld worden dat het verhelpen of voorkomen van omstandigheden die stress bij planten veroorzaken, zoals nutriënten tekort of een slechte bodemstructuur, de weerbaarheid van gewassen tegen ziekten en plagen verhoogt. Een suboptimale voedingstoestand (nutriëntentekorten of overschotten) kan het gewas gevoeliger maken voor ziekten en plagen (Termorshuizen, Mager & Postma e.a. 2021, Minkenberg en Ottenheim, 1990).

Recentelijk hebben Termorshuizen, Mager en Postma (2021) een deskstudie uitgevoerd naar de effecten van bemesting op de weerbaarheid tegen ziekten en plagen. Ze concluderen dat het vermijden van voedingsstoffentekorten bijdraagt aan het optimaliseren van de weerbaarheid van gewassen, maar dat overbemesting de gewassen ook gevoeliger kan maken. Hoewel bemesting een rol kan spelen bij de weerbaarheid tegen bepaalde ziekten, kan optimale bemesting een ziekte niet volledig voorkomen; het is hooguit een onderdeel van Integrated Pest Management (IPM). Voedingsstoffen spelen een beperkte rol bij het verhogen van de weerbaarheid van planten tegen ziekten en plagen, waarbij de belangrijkste effecten te vinden zijn in de invloed op de bodem-pH, en incidenteel worden positieve effecten van silicium genoemd.

Een bijzondere categorie "meststoffen" zijn de biostimulanten. Biostimulanten zijn producten die onder de meststoffenverordening vallen⁵³ en die effect hebben op met name de groei en de weerstand van planten.

⁵³ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=OJ:L:2019:170:TOC>

Deze producten verhogen de beschikbaarheid en efficiëntie van meststoffen en/of verhogen de tolerantie van planten tegen abiotische stress. Biostimulanten mogen geen ziekten of plagen bestrijden omdat ze dan als bestrijdingsmiddel worden gezien en onder de bestrijdingsmiddelenwetgeving vallen. Er kan echter wel een indirect ziektevererend effect zijn van de toepassing van biostimulanten.

Biostimulanten spelen op dit moment nog geen grote rol in de open teelten omdat de werking onvoldoende of onvoldoende betrouwbaar is (Termorshuizen⁵⁴). Biostimulanten die de plantengroei bevorderen en ook pathogenen bestrijden (multiple effect) hebben meer perspectief, maar dan is een toelating als bestrijdingsmiddel nodig.

Er zijn geen generieke maatregelen bekend die via aanpassing van de abiotische omstandigheden de bodemweerbaarheid structureel verbeteren.

Algemeen kunnen we wel stellen dat het belangrijk is dat de abiotische omstandigheden stabiele plantengroei zoveel mogelijk stimuleren; optimale groeiomstandigheden (o.a. goede bodemstructuur, voldoende nutriënten en vocht) verminderen de gevoeligheid van het gewas tegen ziekten en plagen.

Indicatoren voor bodemkwaliteit en bodemweerbaarheid

Chemische- fysische en biologische parameters worden gebruikt om de kwaliteit van de bodem te beoordelen. Aan bodemkwaliteit gerelateerde parameters zijn lang niet altijd duidelijk gekoppeld aan ziektevererendheid. Zo worden onder andere bodemademhaling (respiratie), het aantal bodemschimmels en bacteriën en samenstelling van bodem-organische stof en regenwormen wel geassocieerd met bodemkwaliteit en bodemgezondheid, maar hoe die vervolgens gerelateerd zijn met ziektevererendheid is vaak niet duidelijk. In een aantal meta-analyses naar indicatoren voor bodemweerbaarheid (Javier 2007, Bonanomi 2010) werden geen duidelijke relaties gevonden tussen bodemeigenschappen/microbiologie en bodemweerbaarheid (ziektevererendheid). Wel worden in de literatuur organismen genoemd die mogelijk een rol spelen bij bodemweerbaarheid zoals Actinobacteria, fluorescerende pseudomonaden en Trichoderma.

Een holistische methode om de weerbaarheid vast te stellen is door het gewas bloot te stellen aan ziektevererers. Dit kan door in potproeven met de te beoordelen grond, ziektevererker(s) toe te voegen en de ziekteontwikkeling te volgen en te vergelijken met een referentie (niet weerbare) grond; de zogenaamde bio-assays (Postma, 2015, Bongiorno, 2019).

De wijze waarop ziektevererers worden onderdrukt, kan verschillen; zowel biotische als abiotische bodemkenmerken spelen een rol. Om de mate van weerbaarheid van bodems te kunnen beoordelen, zijn derhalve verschillende soorten metingen noodzakelijk. Een set van verschillende (bodembioologische) parameters zal naar verwachting een meer succesvolle benadering zijn voor het vinden van indicatoren voor bodemweerbaarheid.

Interpretaties van bodemanalyses richten zich momenteel dan ook voornamelijk op optimalisatie van de bodemcondities voor gewasgroei. Als abiotische omstandigheden zoals nutriëntenvoorziening en fysische bodemgesteldheid (doorwortelbaarheid, waterdoorlaatbaarheid en -vasthoudendheid) groeibeperkend voor het gewas zijn, dan verhoogt dat de gevoeligheid van planten voor infectie door pathogenen.

Wageningen University & Research (WUR) heeft, in opdracht van LNV een set van parameters (indicatoren) samengesteld om de bodemkwaliteit, op zowel fysische, chemische als biologische bodemeigenschappen te kunnen beoordelen; de Bodemindicatoren voor Landbouwgronden in Nederland (BLN). De Indicatoren van de BLN zijn o.a. geselecteerd op de mogelijkheid om ze met beheer te beïnvloeden en voor deze indicatoren zijn streefwaarden, gekoppeld aan typen van landgebruik, vastgesteld (De Haan, 2021). Voor veel chemische en een aantal fysische bodemparameters zijn onderbouwde referentie- en streefwaarden bekend, voor biologische parameters ontbreekt deze kennis grotendeels nog. De BLN heeft dus niet direct als doel om bodemweerbaarheid in kaart te brengen, maar geeft een totaaloverzicht van parameters, meetmethodes en waar mogelijk streefwaardes om bodemkwaliteit te beoordelen.

Naast de BLN zijn er andere soortgelijke initiatieven die proberen de bodemkwaliteit te scoren. Een voorbeeld hiervan is de Open Bodem Index (OBI), ontwikkeld door NMI, WUR en Farmhack. De tool geeft een getal dat

⁵⁴ <https://bodemplant.nl/2020/01/06/lezing-biostimulanten-2/>

de kwaliteit van de bodem samenvat, en daarmee in theorie ook een indicatie van de ruimte voor verbetering van de bodemkwaliteit die nog mogelijk is. Bodemweerbaarheid wordt hierin ook meegenomen, maar momenteel komt de score hiervoor tot stand op basis van enkel organische stof gegevens. Net als bij de BLN zegt de OBI dus niet heel specifiek iets over bodemweerbaarheid, maar geeft het meer een indicatie van de gehele bodemkwaliteit.

In de BLN zijn een aantal biologische parameters (indicatoren) opgenomen; de samenstelling van de nematodenpopulatie, de diversiteit en kwantiteit aan regenwormen en de bacterie- en schimmelbiomassa. In de BLN zijn ook de (chemische) parameters HWC (makkelijk afbreekbare organische stof) en potentieel mineraliseerbare stikstof) opgenomen. Deze parameters worden ook wel gezien als maat voor respectievelijk de activiteit van het microbiële bodemleven en de totale microbiële biomassa.

De relatie tussen al deze (biologische) parameters en bodemweerbaarheid/ziektewerendheid is echter nog onduidelijk. Mogelijk is er wel een verband tussen complexiteit of diversiteit van het bodemvoedselweb en ziekteverendheid. In de PPS Beter Bodem Beheer (www.beterbodembeheer.nl) wordt onderzoek gedaan naar (nieuwe) bodembioologische indicatoren en streefwaarden voor de landbouw. Technieken als PLFA-ergosterol- en bodemrespiratiemetingen, die meer gedetailleerd de samenstelling of activiteit van bodemleven in kaart brengen, worden onderzocht.

Een, in relatie tot het analyseren van landbouwbodems, relatief nieuwe techniek is de microbiom-analyse. Met deze moleculaire techniek wordt het geheel van micro-organismen in de bodem (de samenstelling van het bodemleven) in kaart gebracht. De analyse wordt uitgevoerd met maar enkele milliliters grond, onduidelijk is hoe van een hele akker een representatief monster genomen kan worden/hoe representatief dit monster is voor een hele akker. De interpretatie van deze gegevens staat nog in de kinderschoenen maar kan in de toekomst mogelijk handvatten geven voor het gericht(er) sturen op het verbeteren/bevorderen van bodemweerbaarheid.

Samenvattend zijn er op dit moment nog geen harde parameters gevonden die als maatstaf kunnen dienen voor bodemweerbaarheid. Er wordt onderzoek gedaan naar indicatoren, en er zijn enkele perspectievolle richtingen, zoals Hot Water Carbon, PLFA, PMN, microbiom-analyses, milieuaaltjes en bodemrespiratie. Echter, geen van deze levert momenteel de benodigde benchmarks die als basis kunnen dienen voor uitspraken over bodemweerbaarheid. Het gericht beïnvloeden van bodemeigenschappen die bodemweerbaarheid bevorderen is maar zeer beperkt mogelijk doordat betrouwbare indicatoren en referentie- en streefwaardes nog grotendeels ontbreken.

5.3 Geïnduceerde plantweerbaarheid

Plantweerbaarheid staat voor het natuurlijke vermogen van een plant om zich tegen plagen en ziekten te verdedigen. Terwijl plantenresistentie constitutief is, i.e. het is genetisch gebaseerd en altijd aanwezig wordt plantweerbaarheid geïnduceerd, i.e. de weerbaarheid wordt alleen op het moment ingeschakeld dat de plant daadwerkelijk bedreigd wordt. Weerbaarheid wordt ingeschakeld door plantenhormonen. De twee belangrijkste plantafweerroutes zijn die van jasmonzuur tegen plagen en necrotrofe schimmels, die van dood weefsel kunnen leven, en die van salicylszuur tegen biotrofe schimmels, die van levend weefsel leven. De hormonen sturen bepaalde planteigenschappen aan die de weerbaarheid verhogen. Deze kunnen gebaseerd zijn op morfologische kenmerken zoals bladharen, waxlagen van het blad, etc. Daarnaast zijn planten rijk aan inhoudsstoffen vooral aan secundaire metabolieten, welke betrokken zijn bij de afweer van planten tegen ziekten en plagen. Vooral wilde gewassen zijn hier rijk aan. Belangrijke morfologische en chemische kenmerken, die bij plantweerbaarheid tegen ziekten en plagen betrokken zijn, kunnen geïdentificeerd worden door vergelijking van de kenmerken van vatbare en minder vatbare rassen binnen een gewas.

Deze kennis wordt vervolgens toegepast op drie terreinen: ontwikkeling van merkers voor plantweerbaarheid, ontwikkeling van groene gewasbeschermingsmiddelen en gerichte sturing van weerbaarheidskenmerken door elicitors, micro-organismen en fysische factoren om vatbare planten minder vatbaar te maken (van Overbeek et al. 2022). De ontwikkelingen op het gebied van geïnduceerde

plantweerbaarheid richting toepassingen zijn het verst in de glastuinbouw ontwikkeld, en staan nog in de kinderschoenen voor de akkerbouw.

Biostimulanten zijn producten die vaak genoemd worden in combinatie met weerbaarheid. Het zijn vaak producten die gebaseerd zijn op basis van wier en algenextracten, humuszuren of micro organismen (*Rhizobium* en micro-organismen), chitine en compost (Termorshuizen, 2020; De Long et al, 2021). Ook betreft het vaak mengsels van deze inhoudsstoffen. Er wordt veel geclaimd over deze producten: nutriëntenvoorziening, verhoging organische stof gehalte van de bodem, verbeterde groei, wortelontwikkeling, bodemstructuur en opbrengst, en de tolerantie tegen abiotische Biostimulanten zijn per definitie geen gewasbeschermingsmiddel, en mogen daarmee geen directe werking hebben op ziekten, plagen of onkruiden dan wel levensprocessen van planten beïnvloeden. Hoewel biostimulanten geen werking mogen hebben op biotische stress, wordt wel gedacht dat wanneer deze producten de abiotische stress verminderen en plantgroei bevorderen, ze daarmee ook bijdragen aan vermindering van schade door belagers. De vraag is in hoeverre dit een terechte gedachte is en in welke mate deze producten daaraan bijdragen.

De aanwezigheid van hormonen in sommige producten (algen en zeewierextracten bijvoorbeeld), kan zorgen voor inschakelen van afweerroutes zoals hierboven beschreven. In dat geval zou het product echter als een gewasbeschermingsmiddel dienen te worden beschouwd

5.4 Weerbare rassen

Constitutieve afweer

De zogenaamde constitutieve of basisafweer is altijd aanwezig in een plant, ongeacht de factoren waar een plant aan wordt blootgesteld. Constitutieve afweer fungeert als eerste verdedigingslinie waarmee een belager direct bij aankomst wordt geconfronteerd. Dit kunnen structurele, fysieke barrières zijn. Bladdikte en bladstevigheid zoals lignine afzettingen in de celwanden, maar ook klierharen of een waslaag kunnen een effect hebben op het infectieproces door pathogenen, maar kan ook vraat, mobiliteit en eileg door belagers sterk beïnvloeden.

Planten hebben ook een arsenaal chemische componenten tot hun beschikking voor de afweer (zie ook 6.16). Hierbij maakt de plant gebruik van specifieke planteigen stoffen, de secundaire plantmetabolieten, die vaak toxisch of afstotend zijn. Secundaire plantmetabolieten zijn stoffen die niet direct betrokken zijn bij de groei van cellen of bij de ontwikkeling of reproductie van de plant. Voorbeelden zijn glucosinolaten, de stoffen die spruitjes hun typische smaak geven, of de bitter smakende alkaloiden zoals nicotine in tabaksplanten en cafeïne in de koffieplant.

Rassen kunnen van nature in hun weerbaarheid verschillen. Vooral wilde rassen zijn rijk aan morfologische kenmerken en secundaire plantstoffen die aan de weerbaarheid bijdragen. Door jarenlange selectie in veredelingsprogramma's, gefocust op maximale productie en consumentenwensen, zijn deze weerbaarheidskenmerken in veel van de huidige gecultiveerde rassen verloren gegaan. Door vatbare en minder vatbare rassen binnen een gewas met elkaar te vergelijken, kunnen morfologische en chemische kenmerken worden geïdentificeerd die bij de plantweerbaarheid tegen ziekten en plagen betrokken zijn. Daarnaast kan worden vastgesteld welke genen daarbij betrokken zijn. Deze kunnen dan als genetische merker in huidige veredelingsprogramma's op weerbaarheid worden gebruikt.

Introductie weerbare rassen

Met weerbare rassen focussen we hier op rassen die een zo breed mogelijke **resistentie** hebben tegen, of **tolerantie** voor, ziekten en plagen. Ook een goed onkruidonderdrukkend vermogen is in de context van gewasbescherming een relevant aspect van een weerbaar ras. De aanduiding "weerbaar ras" kan ook omvatten rassen die aangepast zijn aan klimaatsverandering, in bijzonder daaraan gerelateerde abiotische stress (o.a. droogte, hitte en "flooding"). Weerbaarheid tegen deze abiotische factoren nemen we hier niet mee. Uiteraard zijn er wel allerlei invloeden van klimaatsverandering op ziekten en plagen en daarmee ook op de schade daarvan op gewassen (zie paragraaf 7.1).

Daarnaast kan onder weerbare rassen verstaan worden, rassen die goed aangepast zijn aan weerbaardere teeltconcepten (zie paragraaf 5.1), bijvoorbeeld door een hoge groeikracht.

De term **resistentie** heeft te maken met het vermogen van een plant om een ziekte of plaag niet of minder te laten ontwikkelen, waardoor de populatieopbouw beperkt wordt en een ziekte/plaag ofwel effectief geweerd wordt. Het resistentiemechanisme in een plant herkent veelal de ziekteverwekker en activeert een afweerreactie. Het gen dat zo'n mechanisme reguleert noemen we een resistentiegen. Er zijn ook mechanismen die omgekeerd werken. In de coëvolutie tussen waard en ziekte kan een plant ook juist een gevoeligheidsgen verkregen hebben. Zo'n gevoeligheidsgen, ooit door een mutatie ontstaan, zet als het ware een achterdeurtje open voor een ziekteverwekker om de plant binnen te dringen en te infecteren (Van Schie & Takken, 2014). In dit geval zal een weerbare plant het achterdeurtje juist dicht houden, ook als het pathogeen zich aanmeldt. De laatste 10-15 jaar is de wetenschappelijke kennis van resistentiemechanismen en hoe deze genetisch gereguleerd worden, sterk gegroeid door de sterke voortgang in de kennis van het genoom van gewassen. Onderzoek naar gevoeligheidsgenen is pas sinds enkele jaren in opmars.

Tolerantie heeft te maken met het vermogen van een plant om de schade te beperken, bijvoorbeeld door een bepaald compensatievermogen bij een infectie. Hoe zulke compensatiemechanismen genetisch gereguleerd zijn, is vaak nog niet goed bekend. In het algemeen zal hier een complex van genen met onderlinge interacties, bij betrokken zijn.

Onkruidonderdrukkend vermogen is in Nederlandse openteeltsystemen met doorgaans goede beschikbaarheid van nutriënten en vocht, vooral gerelateerd aan concurrentiekracht om licht. Het gaat daarbij dan om eigenschappen als snelle kieming en begingroei, en bijvoorbeeld bij een gewas als suikerbiet tijdig sluiten van de gewasrijen.

Huidige veredeling op weerbare rassen

Resistentie en tolerantie ten aanzien van ziekten en plagen worden al tientallen jaren meegenomen als gewenste eigenschap in veredelingsprogramma's voor gewassen, naast stabiele opbrengst onder wisselende omstandigheden. Plantenveredelaars selecteren nieuwe kruisingen veelal standaard op hun gevoeligheid voor veelvoorkomende ziekten en plagen. Vaak is daarbij niet goed te scheiden in welke mate resistentie dan wel tolerantie een weerbaarheidseffect in het veld bepaalt.

Daarnaast is het bewust inkruisen van resistentiegenen voor veel plantenveredelaars een primair veredelingsdoel. Als bron voor resistentiegenen tegen de aardappelziekte (*Phytophthora infestans*) wordt bijvoorbeeld al sinds de jaren 50 in aardappel teruggegaan op verwante kruisbare *Solanum* soorten (Keijzer et al. 2021).

Gericht veredelen op resistenties in rassen die vanwege specifieke gunstige kwaliteitseigenschappen een hoog aandeel in een bepaalde markt hebben, duurt echter in de huidige veredelingsprogramma's vaak nog steeds vele jaren. Door merkergerstuurde veredeling (Lammerts van Bueren et al., 2010) is die duur afgelopen jaren verkort. Echter, zulke programma's duren in feite nog steeds te lang voor een snelle en brede beschikbaarheid voor telers van rassen die zowel duurzaam resistent zijn tegen bijvoorbeeld meerdere belangrijke ziekten én die aansluiten op specifieke marktvraag vanuit de keten. Wegens het belang dat telers hechten aan goede marktperspectieven, zijn zij daarom vaak geneigd om in hun raskeuze marktgerichte kwaliteitseigenschappen te verkiezen boven (combinaties van) ziekeresistenties. Dit geldt bijvoorbeeld voor de teelt van consumptieaardappelen, waar onder andere kook- en bakkaracteristieken prevaleren. Voor siergewassen geldt dit belang van kwaliteitsaspecten (sierwaarde) in het algemeen nog sterker.

Resistenties winnen de laatste jaren snel aan belang doordat (chemische) alternatieven om ziekten te onderdrukken in veel teelten steeds minder beschikbaar zijn. De snelheid waarmee deze gewasbeschermingsmogelijkheden afgebouwd worden, maakt een versnelling van veredeling op resistenties en gerichte combinaties daarvan, noodzakelijk.

In de huidige veredelingsprogramma's voor gewassen voor de open teelten heeft op dit moment een hoge mate van onkruid-onderdrukkend vermogen, in zoverre bekend, geen specifieke prioriteit. Wel wordt uiteraard veredeld op opbrengstverhoging door verbetering van groei eigenschappen. Dit soort eigenschappen zijn vaak direct gerelateerd aan bovengenoemd concurrentievermogen om licht.

Belang van resistentiemanagement

Resistentie tegen ziekten gebaseerd op resistentiegenen kunnen door mutaties van de ziekteverwekker (het pathogeen wordt niet meer herkend) doorbroken raken.

Voor duurzame ziekteresistentie is stapeling van resistentiegenen en een gericht **resistentiemanagement** essentieel om het ras weerbaar te houden. Resistentiemanagement bestaat onder andere uit monitoring of de betreffende ziekte toch in staat blijkt het ras te infecteren en zich te vermeerderen. Als dit uit monitoring blijkt, dienen vervolgens deze eerste infecties gericht bestreden te worden, om te voorkomen dat de aangepaste virulente stam zich kan vermeerderen in de populatie van de betreffende ziekteverwekker. Afgelopen jaren zijn er beslissingsondersteunende systemen ontwikkeld die een teler helpen een effectief resistentiemanagement uit te voeren. Een goed voorbeeld daarvan is de Phytophthora app (Kessel, 2019) op het geo-data platform **farmmaps** (voorheen Akkerweb). Succesfactor is hierbij de ontwikkeling van een monitoringssysteem specifiek op het ontstaan en de verspreiding van nieuwe klonen/pathotypes van Phytophthora in Europees verband (Euroblight⁵⁵) waarvan systematisch onderzocht wordt waartegen welke resistentiegenen nog wel of niet bijdragen aan de weerbaarheid tegen dit pathogeen. Dit type beslissingsondersteunende systemen voor effectief resistentiemanagement met achterliggende kennis van pathotypes en werking van resistentiegenen ontbreekt nog voor tal van relevante plantenziekten.

Resistentiemanagement begint echter met stapeling van zoveel mogelijk verschillende resistentiegenen en resistentie- en tolerantiemechanismen (Kessel et al., 2018). Wat dat betreft is het spijtig dat anno 2022 met de nu beschikbare klassieke veredelingsmethoden, ondanks de grote inspanningen die door veredelingsbedrijven hiertoe gedaan worden, Nederlandse aardappeltelers nog geen goed salderend ras kunnen telen waarin meerdere, breedwerkende resistentiegenen actief zijn (mondelinge mededeling R. Hutten en G. Kessel) en waar zij daardoor naar schatting tot 80 % minder bespuitingen zouden hoeven te doen met fungiciden (Haverkort et al., 2016).

Bijdrage van weerbare rassen aan weerbare teelssystemen

Zoals in paragraaf 5.1 aangegeven zijn weerbare rassen een component van weerbare teelssystemen. Anno 2022 draagt raskeuze belangrijk bij aan de rendabiliteit van het brede scala aan teelssystemen in de gangbare en biologische landbouw. Huidige rassenlijsten, zeker voor de grotere gewassen, maken melding van resistenties of toleranties tegen de belangrijke ziekten en plagen in dat gewas; zie bijvoorbeeld <https://rassenlijst.info/>. De teler zal deze informatie zonder twijfel ook meenemen in zijn raskeuze.

Echter, gezien de ambities in het Uitvoeringsprogramma *Toekomstvisie gewasbescherming 2030* is het huidige aanbod aan weerbare rassen nog niet adequaat voor beoogde toekomstige rendabele weerbare teelssystemen die nagenoeg zonder emissies zijn naar het milieu en nagenoeg zonder residuen op producten. Daar zijn twee belangrijke redenen voor:

Ten eerste, zoals boven aangegeven is er behoefte aan rassen die zowel van wege specifieke gunstige kwaliteitseigenschappen een hoog aandeel in een bepaalde markt hebben én robuuste combinaties bezitten van resistentiegenen en toleranties tegen een bepaalde ziekte. Aangezien ziekten en plagen zelf zich ook kunnen aanpassen en bijvoorbeeld bepaalde resistentiegenen kunnen doorbreken, zullen de gewenste stapelingen van resistentiegenen ook over de jaren aangepast moeten kunnen worden wat betreft samenstelling. Huidige (klassieke) verdelingstechnieken zijn daarvoor te tijdrovend en er ontbreekt daarvoor nog veelal relevante genomische kennis. In kader van genoemd Uitvoeringsprogramma neemt op dit moment branchevereniging Plantum het initiatief tot twee hieraan gerelateerde acties: i. Waar nodig wordt precompetitief onderzoek geïntensiveerd gericht op het ontwikkelen van "gene-editing technieken", genfuncties (resistentie-, weerbaarheids- en immuuniteitsgenen), gevolgen van gerichte aanpassingen op weerbaarheid en andere agronomische eigenschappen. De behoefte hieraan wordt in de sector geïnventariseerd; ii. Er worden methodieken ontwikkeld om de gevoeligheid en de weerbaarheid van rassen en gewassen vast te kunnen stellen. Waar nodig wordt hiervoor precompetitief onderzoek geïntensiveerd gericht op epidemiologie van ziekten en plagen en toetsontwikkeling. De behoefte hieraan wordt in de sector geïnventariseerd.

Weliswaar zijn er vergaande ontwikkelingen om voor gewassen als aardappel over te stappen op hybride veredeling (Lindhout et al., 2018), waardoor gemakkelijker kwaliteitseigenschappen in een genoom bij elkaar kunnen worden gehouden en gecombineerd worden met bijvoorbeeld resistentiegenen, maar dit heeft nog geen geregistreerde aardappellrassen opgeleverd.

⁵⁵ <https://agro.au.dk/forskning/internationale-platforme/euroblight/>

Ten tweede, deze robuuste combinaties van resistentiegenen en tolerantie tegen een specifieke ziekte of plaag dient nog eens uitgebreid te worden met een vergelijkbare set van eigenschappen tegen andere ziekten en plagen waaraan het gewas bloot gesteld wordt, plus andere positieve eigenschappen zoals uiteraard opbrengststabiliteit. Dit vereist een **stysteemgerichte invulling** waarin integraal afwegingen worden gemaakt hoe weerbare rassen zo goed mogelijk bij kunnen dragen aan de gewenste overall weerbaarheid van het teeltsysteem. Een voorbeeld van zo'n integrale afweging biedt de Kennisimpuls Groene gewasbescherming⁵⁶ in de casus Beschermd appelteelt. Door appels te telen in een prototype-teeltsysteem onder een zogenaamde cabriokap, die dicht gaat als het regent, blijven de vruchten grotendeels droog, waardoor vruchtschimmels appels aanmerkelijk minder belagen. Eerste resultaten van de meerjarige wetenschappelijke toetsing van dit prototype-teeltsysteem tonen inderdaad aan dat er een grote besparing mogelijk is op gebruik van fungiciden tegen deze vruchtrotschimmels.

Echter, meeldauw blijkt onder deze relatief droge omstandigheden juist goed te gedijen, waardoor resistentie tegen deze specifieke schimmel een belangrijke nieuwe gewenste component geworden is van dit innovatieve teeltsysteem in onderzoek. Om tot zo'n systeemgerichte invulling van gewenste raseigenschappen gericht op verhoging van de weerbaarheid te komen, mist nog wetenschappelijke kennis van hoe weerbaarheid van de plant interacteert met weerbaarheid op systeemniveau.

Ook in hoeverre de mate van onkruidonderdrukkend vermogen van gewassen een bijdrage zal leveren aan de weerbaarheid van het teeltsysteem hangt van andere systeemcomponenten af, zoals zaaitijdstip, plantverbanden en de wijze van onkruidbestrijding. Een openteeltsysteem waarin tussen de gewasrijen nog een bepaalde periode mechanische onkruidbeheersing mogelijk is zonder gewasschade en vervolgens het gewas in korte tijd sluit, stelt andere wensen ten aanzien van onkruidonderdrukkend vermogen dan die gesteld worden in bijvoorbeeld een volvelds gezaaid gewas. Ook hier ontbreekt nog relevante systeemgerichte kennis.

In hoofdstuk 7 wordt de relevantie van weerbare rassen per sector verder aangegeven.

Stand van zaken beschikbaarheid van nieuwe veredelings technieken

Uit de bovengenoemde beschreven stand van zaken van de huidige beschikbaarheid van weerbare rassen en de ambities van het Uitvoeringsprogramma, blijkt duidelijk een behoefte aan mogelijkheden om veredelingsprogramma's die leiden tot deze weerbare rassen te versnellen; en daarbij deze programma's specifiek te richten op gewenste combinaties van zowel kwaliteitsaspecten én resistenties tegen meerdere relevante ziekten en plagen. Afgelopen jaren zijn wetenschappelijke ontwikkelingen met betrekking tot nieuwe verdelingstechnieken waarbij cisgenese (genetische modificatie binnen de kruisingsbarrière tussen soorten) en gene editing (bijv. met CRISPR/Cas) gebruikt worden, zeer snel gegaan. Dat heeft geleid tot een scala aan nieuwe kansen om veredelingsprogramma's die leiden tot de gewenste weerbare rassen, te versnellen en beter te richten op de gewenste combinaties van eigenschappen (bv Schaart et al., 2016; Van de Wiel et al., 2017). Daarbij zijn er goede kansen om juist met gewassen waarin bij de verdeling deze nieuwe technieken gebruikt, systemen voor geïntegreerde gewasbescherming (IPM) te versterken (Kessel et al., 2018, Lotz et al., 2020). Anno 2022 vallen deze nieuwe verdelingstechnieken (cisgenese en gene editing) onder de nu geldende Europese GMO-regelgeving.

De huidige GMO-regelgeving (uitgaande van 2001/18/EC) in de EU is echter dermate omslachtig en duur dat tot nog toe, in tegenstelling tot bijvoorbeeld in de Verenigde Staten en Canada, geen toelatingen zijn afgegeven voor teelt van rassen waarvoor ergens in het verdelingstraject deze nieuwe technieken zijn toegepast. Voor verdelingsbedrijven is het huidige Europese GMO-toelatingstraject daarvoor te onzeker ten aanzien van kosten en duur. Dat heeft geleid tot de situatie dat een tienjarig onderzoeksprogramma (2005-2016) gefinancierd door de Nederlandse Overheid om prototypes te ontwikkelen van aardappellijnen die met toepassing van cisgenese duurzaam resistent zijn geworden tegen *Phytophthora* (Haverkort et al, 2016), in Europa niet en in Noord-Amerika inmiddels wél tot toelating heeft geleid van een cisgeen *Phytophthora*-resistent aardappelras.

⁵⁶ <https://www.wur.nl/nl/Onderzoek-Resultaten/Onderzoeksprojecten-LNV/Expertisegebieden/kennisonline/Kennisimpuls-Groene-Gewasbescherming.htm>

Afgelopen jaren hebben de belangenorganisaties Plantum, LTO en bijvoorbeeld BO Akkerbouw een beroep gedaan op de Nederlandse overheid om te bewerkstelligen dat in Europees verband een passend nieuw wettelijk kader ontwikkeld wordt voor nieuwe veredelings technieken (zoals CRISPR-Cas en gene editing) en de producten die hiermee gemaakt worden, zodat veredelingsprocessen versneld kunnen worden voor de ontwikkeling van weerbare rassen.

Recent zijn er inderdaad op Europees niveau nieuwe ontwikkelingen. De Europese Commissie publiceerde in 2021 een studie⁵⁷ waarin zij enerzijds aangeeft dat de nieuwe veredelings technieken (in EU termen: New genomic techniques) relevante potentie bieden om rassen te ontwikkelen die bijdragen aan de in de European Green Deal (met name de in Farm to Fork en Biodiversiteit programma's) beoogde weerbare en duurzame agri-food systemen, maar dat tevens geconcludeerd moet worden dat de huidige GMO-regelgeving voor toelating van rassen waarvoor deze technieken gebruikt worden **niet voldoet** ("not fit for purpose"). De studie noemt in dit verband als nieuwe technieken specifiek cisgenese en gene-editing op basis van gerichte mutagenese.

Eind 2021 heeft de EU Commissie opdracht gegeven tot een zogenoemde "Impact assessment" om vast te stellen middels diverse studies en consultaties welke gevolgen (economisch, sociaal, milieutechnisch, rechtskundig en ten aanzien van administratieve lasten) een modernisering van de GMO regelgeving zal hebben voor toelating van rassen die veredeld zijn met behulp van deze nieuwe technieken. Aspecten die daarbij aan de orde komen zijn onder andere de veronderstelde bijdrage aan verduurzaming van de landbouw en tuinbouw, aspecten rond intellectueel eigendom, mogelijke impact op de biologische landbouw, en keuzevrijheid in de keten (van teler tot consument). Naar verwachting zal deze impact assessment afgerond worden in 2023 waarna de Europese Commissie daadwerkelijk een aanzet zou kunnen geven tot modernisering van de huidige GMO-regelgeving.

Indien onder de toekomstige nieuwe EU-regelgeving veredelingsbedrijven inderdaad rassen voor toelating gaan aanbieden die ontwikkeld zijn op basis van nieuwe veredelings technieken, biedt dat nieuwe, en mogelijk essentiële, kansen voor het behalen van de doelstelling van het Uitvoeringsprogramma *Toekomstvisie gewasbescherming 2030* en Farm to Fork. De veredelingsprogramma's kunnen dan **effectiever** en **sneller** leiden tot nieuwe rassen die zowel goed aansluiten op wensen uit de markt als ook relevant bijdragen aan het succes van de beoogde toekomstige weerbare teeltsystemen. De Europese besluitvorming moet dan wel vanaf nu vlot verlopen, anders zullen deze weerbare rassen op basis van nieuwe veredelings technieken, niet voor 2030 beschikbaar zijn voor de Nederlandse telers.

5.5 Gezond uitgangsmateriaal

5.5.1 Het belang van gezond uitgangsmateriaal

De basis van een weerbare en productieve teelt begint bij het uitgangsmateriaal: de stekken, zaden, bollen, knollen, jonge planten of het weefsel waaruit de plant wordt opgekweekt. Om een zo goed mogelijke bijdrage aan een weerbaar teeltsysteem te kunnen leveren is het van belang dat uitgangsmateriaal: ziekte- en plaagvrij is; een betrouwbare opbrengst levert; stand houdt in variërende klimaatomstandigheden en zowel tijdens de teelt als tijdens het oogsten tegen een stootje kan. Sterk en gezond uitgangsmateriaal kan voor telers bijdragen aan hogere opbrengsten en over het algemeen hoeft er minder snel ingegrepen te worden tijdens de teelt om het gewas tegen externe factoren te beschermen. Zo dragen onder andere resistenties tegen ziektes en plagen bij aan een lager gebruik van chemische gewasbeschermingsmiddelen.

Wanneer er niet met gezond uitgangsmateriaal wordt gewerkt is de kans op opbouw van ziekten en plagen in het gewas groter, omdat ziekten en plagen dan al aanwezig kunnen zijn in het startmateriaal van de teelt. Daarnaast zijn de kosten van curatieve bestrijding van ziekten en plagen hoger dan de preventieve zorg voor gezond en schoon uitgangsmateriaal.

⁵⁷ https://ec.europa.eu/food/system/files/2021-04/gmo_mod-bio_ngt_eu-study.pdf

5.5.2 Innovaties rondom gezond uitgangsmateriaal

In deze paragraaf wordt een kort overzicht gegeven van nieuwe ontwikkelingen die potentie hebben om bij te dragen aan de productie van gezond en ziekte- en plaagvrij uitgangsmateriaal.

Hygiëne tijdens teelt van uitgangsmateriaal

Om belangrijke ziekteverwekkers en plagen tegen te gaan zijn hygiënemaatregelen voorafgaand en tijdens de teelt noodzakelijk. Voor virussen en bacteriën waartegen geen bestrijdingsmogelijkheden beschikbaar zijn, is dit cruciaal. Om de juiste maatregelen te kunnen nemen ter preventie van besmetting is kennis over de wijze van verspreiding van plantenvirussen, schimmels en bacteriën ook van belang. Bedrijfshygiëne is een continu proces, wat extra duidelijk wordt bij plantenvirussen die mechanisch, bijvoorbeeld via gewashandelingen, kunnen worden overgedragen. Hierbij zijn heel veel hygiënemaatregelen noodzakelijk om een aantasting te voorkomen of een verspreiding tegen te gaan. Maatregelen zoals het ontsmetten van het gietwater, attributen die worden gebruikt tijdens teelthandelingen en de oogst en medewerkers zelf bij binnenkomst van het bedrijf.

Vanuit Naktuinbouw wordt er al een aantal jaar gewerkt aan private kwaliteitsplus-certificeringsschema's om tijdens de teelt van uitgangsmateriaal de kans op besmetting met ziekten en plagen zo klein mogelijk te houden.

Er zijn onder andere schema's ontwikkeld voor: siergewassen, groot fruit (sinds 2018) en soft fruit; teeltmateriaal van Alstroemeria, Bouvardia, Freesia, Hosta, Rosa, bosplantsoen, laan- en sierbomen, aspergeplanten en plantuitjes; servicelaboratoria voor zaad-, plant- en grondonderzoek en zaadbedrijven zelf. Naast kwaliteitsplus-systemen zijn er ook schema's opgesteld dan wel in ontwikkeling, specifiek gericht op beheersing van bepaalde ziekten/plagen. Een voorbeeld is het internationale GSPP (Good Seed and Plant Practices) gericht op beheersing van Clavibacter in tomatenzaadproductie en tomatenplantenopkweek. Op dit moment ligt de focus van de ontwikkelde schema's op vruchtgroente en sierteelt, maar de mogelijkheden om soortgelijke schema's ook voor andere teelten te creëren worden verkend. Met als hoofdvraag 'Hoe kun je met een andere vorm van opkweek gewasbeschermingsmiddelen reduceren?'. Er wordt vanuit Naktuinbouw wat onzekerheid ervaren onder kwekers om de schema's uit te breiden naar andere gewas-ZPO combinaties. De marges staan onder druk, de ruimte om te innoveren is heel beperkt. Zo lang het goed gaat willen telers liever niks aanpassen, dus het is lastig balans vinden tussen kwekers afschrikken en juist genoeg doen om wel vooruitgang te boeken. Er wordt samengewerkt met Plantum om een systeem op te zetten in de groenteplanten opkweek (zowel warm als koud). Door bijvoorbeeld de stijgende virusdruk in de warme planten opkweek zie je dat die sector al verder is met risicoanalyse en beheersing in vergelijking tot de koude planten opkweek. Zulke factoren geven druk om je als sector aan te passen. Voor de groenteplanten opkweek is een pilot gestart met twee bedrijven, in samenwerking met Plantum, waarvan de resultaten nog met de klankbordgroep besproken moeten worden. Per gewassoort zal namelijk moeten bepaald welke maatregelen wel of niet relevant zijn om in een toegepast hygiëneschema op te nemen."

Een éénrichtingssysteem voor de bollenteelt

De teelt van bloembollen is een circulaire teelt, dit houdt in dat uitgangsmateriaal (plantmateriaal) voortkomt uit de eigen partij bollen. Dit kan gevolgen hebben voor de opbouw van ziekten en plagen die zich jaar op jaar kunnen blijven opbouwen binnen de hergebruikte bollen. De teelt van 'schoon' uitgangsmateriaal krijgt de laatste jaren steeds meer aandacht binnen de bollenteelt. Met schoon uitgangsmateriaal wordt hierbij virusvrij materiaal verkregen uit weefselkweek bedoeld. In het geval van virussen is bestrijding van virusoverdracht door luizen dan niet meer of zeer beperkt nodig, omdat de virussen die deze verspreiden alleen in bloembollen voorkomen. Daarnaast zal gezond uitgangsmateriaal de bodem minder besmetten met pathogene schimmels, die een vervolgteelt kunnen aantasten.

Omdat bij veel bollenteelten de juveniele fase van de bol meerdere jaren duurt, kost het vermeerderen veel tijd. Daarnaast zijn de kosten voor weefselkweek relatief hoog en is de techniek momenteel nog niet praktijkrijp voor alle bolgewassen (oa. nog niet voor tulpen). Vandaar dat er delen van de geteelde bollen worden gebruikt om de volgende teeltronde op te zetten. Een alternatief dat niet uitgaat van weefselkweek is de teelt van selectiepartijen waarbij de teler een partij zo ziektevrij mogelijk teelt, zoals veel voorkomt bij werkbollen van hyacint. Desalniettemin bestaat de kans op ziek en zeer in deze selectiepartijen.

In de teelt van lelies en Zantedeschias komt de teelt van 'schoon' uitgangsmateriaal uit de weefselkweek vaker voor dan in andere gewassen. Een enkel bedrijf is gespecialiseerd in deze opkweek al doen telers dit ook zelf, dan wel in kwekersverband.

Binnen de bollensector worden op dit moment de mogelijkheden onderzocht om over te schakelen van een circulaire teelt naar een éénrichtingssysteem.

Het principe hierachter is dat 'schoon' uitgangsmateriaal uit weefselkweek in een relatief korte tijd wordt opgekweekt in een kas, wordt vermeerderd en geteeld tot plantgoed of leverbare bollen om vervolgens te verkopen. Mogelijk kan de teelt van gezond uitgangsmateriaal als katalysator dienen voor een systeemsprong waarbij de teelt van bloembollen een éénrichtingssysteem wordt met een deel van de teelt in de kas. Dit zou kunnen leiden tot verdere specialisatie in de bollensector met bedrijven voor de kasteelt, de buitenteelt en de uiteindelijke broeierij.

Lopende projecten gericht op deze systeemsprong zijn: Vitale Lelieteelt49, POP3 Vitale Teelt Hyacint50 en PPS Fundamentele Systeemsprong51 uitgevoerd door Wageningen University & Research (Looman, 2021d, 2021e; Slootweg, 2021). Alle drie de projecten richten zich op een éénrichtingssysteem in de bloembollenteelt en voor verschillende gewassen en met verschillende uitdagingen. Vitale Lelieteelt heeft als doel het concept voor een éénrichtingssysteem verder te ontwikkelen en ook het laatste teeltjaar buiten te verduurzamen voor de lelieteelt. POP3 Vitale Teelt Hyacint richt zich op de hyacinten teelt, een gewas dat in de kas minder snel groeit dan lelies. De hyacintenteelt verschilt ook van de lelieteelt in het opzicht dat lelie een zomergewas is en hyacinten een voorjaarsgewas.

PPS Fundamentele Systeemsprong richt zich op de gewassen: tulp, narcis, Zantedeschia en Hippeastrum. In de praktijk hebben deze gewassen een trage vermeerdering, in deze PPS wordt onderzocht of dit te versnellen is. Een snelle vermeerdering is noodzakelijk voor een éénrichtingsteelt, tevens is dit te gebruiken voor een versnelde introductie van nieuwe weerbaardere rassen uit de veredeling. Voor meer informatie, zie paragraaf 6.2.4.

CATT-techniek

De CATT (Controlled Atmosphere Temperature Treatment) techniek combineert hoge temperaturen met een aangepaste samenstelling van de lucht (gewoonlijk verhoogde CO₂- en verlaagde O₂-gehaltes). Met deze methode is het mogelijk om verschillende soorten insecten, mijten en nematoden effectief te bestrijden zonder daarbij het product te beschadigen. Het wordt al een aantal jaar toegepast in de aardbeienteelt om de schadelijke aardbeimijt te bestrijden, waarbij het ter vervanging dient voor een behandeling met methylobromide (tegenwoordig verboden in Europa).

De potentie van CATT voor andere plaag-plantcombinaties is onderzocht in de PPS Phytotec (2016-2020) van de Topsector Tuinbouw en Uitgangsmaterialen. Wageningen UR heeft aangetoond dat CATT, naast aardbeimijt, ook effectief is bij andere plaag-plantcombinaties. Insecten zoals de Western flower thrips, witte vlieg, tomatenmineermot en tijgermuggen, lijken met CATT goed bestreden te kunnen worden (Huiting et al., 2020a; Huiting et al., 2020b; Huiting et al., 2020c). Ook voor tulpengalmijten en de quarantaine-nematode chitwoodi, die soms in pootaardappelen aangetroffen wordt, lijken er goede perspectieven te zijn (van Dam et al., 2020). Een relatief nieuw onderdeel bij CATT is High-speed CATT. Herman Helsen, WUR: "High-speed CATT is een speciale vorm van CATT waarbij door een sterke luchtstroom producten snel en gecontroleerd op de gewenste temperatuur kunnen worden gebracht. Dit kan effectief zijn voor product-plaagcombinaties waar de gewone CATT-technieken tekortschieten. Door de kortere behandelduur is het ook makkelijker in bestaande handelsketens in te passen."

Een voordeel van CATT is dat het een fysische behandeling is waardoor er, in tegenstelling tot bij chemische middelen, geen heel traject nodig is om een toelating te krijgen voor de techniek in combinatie met een gewas. Dit maakt de techniek niet direct goedkoop, want er is geen vast recept voor alle planten en variëteiten. Er zal per product en per plaag een recept op maat nodig zijn en de methode werkt niet voor alle producten. Jan Verschoor, WUR: 'Een beestje dat in de kern van een mango zit, kun je bijvoorbeeld niet weg krijgen met CATT. Je kunt alle organismen doodmaken met CATT, maar niet alle plantmateriaal kan daartegen.' Helaas is CATT niet voor alle gewas-plaag combinaties mogelijk, daarom zal er ook naar andere ontsmettingstechnieken worden gekeken.

Omdat de techniek op dit moment nog beperkt wordt toegepast in de praktijk, zijn de kosten relatief hoog en is de techniek vooral geschikt voor hoogwaardige producten. Bij opschaling is het mogelijk dat de kosten gaan dalen.

Van vegetatieve vermeerdering naar hybride zaadvermeerdering

Op dit moment wordt zowel privaat als via publiek-private samenwerkingen gewerkt aan via zaad vermeerderde rassen voor gewassen als aardappel en aardbei.

Binnen het LNV-onderzoeksprogramma Groene Gewasbescherming en Bestuivers worden weerbare en robuuste teeltsystemen ontwikkeld voor de lange termijn (>2030), o.a. voor aardbei. Dit resulteerde in het project 'Weerbaar teeltsysteem 2024 - casus aardbei' van de WUR waarin onder andere wordt onderzocht wat de mogelijkheden zijn van aardbeienteelt uit zaad in plaats van vegetatieve vermeerdering. Daarnaast wordt de verdere opkweek uitgevoerd op steenwol en in de kas. Aardbeienteelt uit zaad staat op dit moment nog in de kinderschoenen, maar er zitten een aantal voordelen aan. Daarnaast is het fytosanitaire traject aan de grens een stuk minder ingewikkeld voor zaden in vergelijking tot vers plantaardig materiaal.

Deze wisseling van vegetatieve vermeerdering naar teelt uit zaad is niet voor alle gewassen mogelijk, maar ook in aardappel is zo'n overgang gestart. Hierbij worden de mogelijkheden verkend om de switch te maken van pootaardappel naar teelt uit zaad (o.a. True Potato Seeds, TPS). Door te telen vanuit hybride zaad in plaats van pootaardappelen wordt de basis gelegd voor een gezonde teelt. Zaden zijn doorgaans ziektevrij, compact, gemakkelijk te bewaren en te transporteren. Hierdoor zijn de zaden het hele jaar door te planten in gebieden waar jaarrond aardappels worden geteeld.

Vooraf voor kleine boerenbedrijven in Centraal-Amerika, Azië en Afrika kunnen de zaden voordelen bieden, omdat de relatief lange distributietijden van pootaardappelen naar deze locaties zorgden voor een afname van de kwaliteit van het uitgangsmateriaal. Dit is voor zaden niet het geval. De uit zaad geteelde aardappelen zullen op de korte termijn in Noordwest-Europa waarschijnlijk geen vervanging vormen voor de pootaardappelteelt. Zaailingen uit de kas kunnen in Nederland namelijk pas later in het seizoen (i.v.m. kans op vorst) buiten geplant worden, wat leidt tot een tragere start van het groeiseizoen en dus tot opbrengstverlies. Bovenstaande voorbeelden laten zien dat een andere vorm van uitgangsmateriaal kan bijdragen aan de ontwikkeling van een sterk gewas in een weerbaar teeltsysteem. Je kunt er onder andere kwaliteitsproblemen mee oplossen op het gebied van transport en ziekten, plagen en onkruiden.

Alternatieven voor werkzame stoffen in zaadcoatings

Doordat een aantal werkzame stoffen, o.a. de neonicotinoïden, sinds een paar jaar niet meer zijn toegestaan wordt er binnen de sector gezocht naar alternatieven. In het ketenproject Uireka wordt onderzoek gedaan naar alternatieven voor zaadcoatings in ui tegen de uivlieg. Voor suikerbiet wordt er vanuit BO Akkerbouw en Vertify onderzoek gedaan naar alternatieven voor zaadcoatings met een werking tegen o.a. de bietenkever en virusverspreiding (vergelingsziekte). Vanuit Plantum wordt de focus gelegd op alle toekomstbestendige werkzame stoffen die in zaadcoatings kunnen worden ingezet. In een PPS Groen op Zaad worden met Vertify de mogelijkheden van biologische gewasbeschermingsmiddelen (bijvoorbeeld op basis van micro-organismen) en biostimulanten onderzocht (<https://www.verify.nl/groen-op-zaad/>). Ook de mogelijkheden van basisstoffen en laag-risicostoffen worden onderzocht. Met de WUR wordt bekeken hoe het microbiom op zaad beter benut kan worden (zie p. 120, voetnoot 99) LWV19097 Changing the system of seed health: an initiative of industry and research towards a paradigm shift, BO-68-001-015 (januari 2020-juni 2024).) Naast onderzoek zet Plantum in op verbetering van de toelatingsprocedures voor zaadbehandelingsmiddelen, bijvoorbeeld voor laag-risicomiddelen en voor kleine toepassingen.

5.6 Inzet van nuttige organismen

Dit hoofdstuk is gericht op de inzet van biologische bestrijders en functionele agrobiodiversiteit.

5.6.1 De inzet van nuttige organismen

Voor de inzet van nuttige organismen kan onderscheid gemaakt worden tussen het bewust actief inzetten van nuttige organismen als biologische bestrijders, en het stimuleren van de aanwezigheid van natuurlijke vijanden. Als biologische bestrijders kunnen micro- en macro- organismen ingezet worden, waarbij voor de micro- organismen (bacteriën en schimmels) en virussen een toelating nodig is om de producten als middel voor gewasbescherming in te zetten (www.ctgb.nl). Voor een stand van zaken over de inzet van nuttige organismen per sector verwijzen we naar hoofdstuk 7. Voor de inzet van macro-organismen, zoals insecten, als biologische bestrijder is geen toelating nodig, maar wel ontheffing: <https://www.rvo.nl/onderwerpen/biologische-bestrijders>.

Onderstaande informatie in paragraaf 5.6.1 is afkomstig van Artemis – Werkgroep Biologische bestrijders en bestuivers

Op dit moment worden de volgende categorieën biologische bestrijders onderscheiden: parasitaire wespen (insecten), predatoren (insecten en roofmijten) en insectparasitaire nematoden. Waar in de jaren 90 de piekperiode lag voor het ontdekken en ontwikkelen van nieuwe biologische bestrijders, ligt de nadruk nu vooral op productvariaties en manieren van toepassing van biologische bestrijders voor verschillende teelten en situaties. Er komen voortdurend nieuwe plagen bij, deze kunnen soms worden bestreden met het bestaande pakket aan bestrijders, maar in een aantal gevallen wordt onderzoek gestart naar specifieke oplossingen voor de betreffende plaag wat kan leiden tot een nieuw product.

Over het algemeen is de nadruk meer komen te liggen op het gebruik van generalistische roofmijten in plaats van parasitaire wespen. De roofmijten zijn makkelijker te kweken en zijn breder toepasbaar omdat ze minder specifiek zijn dan parasitaire wespen.

Ook voor de bestrijding van bladluizen wordt meer met generalistische predatoren gewerkt. Het bijvoeren van bestrijders is de laatste jaren sterk toegenomen, met name in de sierteelt. Door het bijvoeren, met bijvoorbeeld voermijten, kan een hogere populatie biologische bestrijders in het gewas worden gerealiseerd.

In Nederland zijn zo'n 60 soorten biologische bestrijders verkrijgbaar. Daarvan worden slechts 15 soorten op grote schaal toegepast. De andere soorten worden minder vaak ingezet, vaak in specifieke gevallen, bijvoorbeeld in geval van gewas-specifieke plagen in de sierteelt. In groenteteelt onder glas werden biologische bestrijders als onderdeel van geïntegreerde gewasbescherming in 2016 op 96% van de oppervlakte toegepast (CBS, 2018). Andere gewassen waarin veel gebruik wordt gemaakt van biologische bestrijders zijn chrysant (80%), bladplanten (86%), potplanten (88%), gerbera (hoewel het gebruik daarin is afgenomen van 88% in 2012 naar 69% in 2016) en roos (86%). In andere gewassen onder glas is het gebruik iets minder, wat een gemiddeld gebruik van 85% van de totale oppervlakte aan bedekte teelt oplevert.

Het inzetten van biologische bestrijders is gericht op het opbouwen van een populatie van de betreffende bestrijder in een gewas die de plaag gedurende het hele seizoen onder controle houdt. Biologische bestrijders worden daarom veelal zo vroeg mogelijk in het seizoen ingezet, als de plaagdruk nog laag is. Er wordt gewerkt met een pakket aan biologische bestrijders die gezamenlijk de voorkomende plagen kunnen aanpakken. Welke bestrijders worden gebruikt in een teelt is afhankelijk van de plagen, de plaagdruk, het klimaat en de teeltwijze en kan dus per situatie verschillen.

De sierteelt is de sector waarin de meeste biologische bestrijders worden ingezet. Daarnaast worden in de kweek van champignons nematoden en bodemroofmijten algemeen ingezet ter bestrijding van de daar voorkomende plagen. Ook in de teelt van aardbei, bramen, frambozen en ander kleinfruit geteeld in kassen en tunnels worden biologische bestrijders toegepast. In de boomkwekerij worden nematoden toegepast, maar is het gebruik van andere biologische bestrijders beperkt. In de akkerbouw en vollegrondsgroenten is het gebruik van biologische bestrijders beperkt. Dit is het gevolg van het feit dat bij lage temperatuur de biologische bestrijders minder snel ontwikkelen of ontsnappen, waardoor er hogere aantallen zouden moeten worden uitgezet. Dit is in deze gewassen meestal niet kosteneffectief. Er wordt wel in beperkte mate gebruik gemaakt van nematoden ter bestrijding van o.a. koolvlieg. Verder worden steeds vaker akkerranden ingezaaid met bloemenmengsels om natuurlijke vijanden aan te lokken en de populatie ontwikkeling te bevorderen.

Eén van de grootste knelpunten voor de ontwikkeling en toepassing van biologische bestrijders is volgens Artemis dat de huidige nationale en internationale regelgeving remmend werkt op het ontwikkelen van nieuwe biologische bestrijders. Het onderzoek naar nieuwe biologische bestrijders van exotische oorsprong wordt in hoge mate belemmerd door de diverse regelingen voor Access & Benefit sharing onder het Nagoya protocol. Daarnaast bevordert ook de huidige procedure voor het verkrijgen van ontheffing voor het uitzetten van biologische bestrijders niet een soepele introductie van nieuwe bestrijders. Voor brede toepassing in buitenteelten zijn de eerdergenoemde klimatologische omstandigheden en de daaruit volgende kosten een probleem. Tevens zou er een discussie op gang moeten komen over schadedrempels. Op dit moment zijn die in veel gewassen zeer laag. Wanneer de consument iets meer schade zou accepteren zou veel beter gebruik gemaakt kunnen worden van de potentie van biologische oplossingen.

5.6.2 Het stimuleren van aanwezige natuurlijke vijanden

Een andere manier om voor gewasbescherming gebruik te maken van nuttige organismen is via het stimuleren van de aanwezigheid van natuurlijke vijanden. Natuurlijke vijanden kunnen gestimuleerd worden in een teeltsysteem. Bijvoorbeeld door het zorgen voor alternatieve voedselbronnen (pollen, nectar) en overlevingsstructuren als bossages of andere permanente of tijdelijke structuren in een perceel of boomgaard. Een bekend voorbeeld zijn de akkerranden met bloeiende plantensoorten langs of door een perceel, beetle banks, of het telen van een gewas in stroken (strokenteelt). Op deze manier wordt in een teelt gebruik gemaakt van functionele agrobiodiversiteit (FAB) voor gewasbescherming. In hoofdstuk 6 wordt specifiek ingegaan op de verschillende ontwikkelingen rondom de inzet van FAB in de verschillende sectoren.

5.7 Data gedreven landbouw en precisielandbouw

5.7.1 Precisielandbouw

Introductie

Precisielandbouw (PL) is een bedrijfsmanagementconcept waarbij gewasplanten en boerderijdieren plus hun directe omgeving (het agro-ecosysteem; bij plantaardige productie is dit de bodem, het klimaat en aanwezige gewenste en ongewenste biota) die behandeling krijgen die ze nodig hebben voor een optimaal bedrijfsresultaat binnen gestelde maatschappelijke kaders. Met PL probeer je zo goed mogelijk in te spelen op de temporale en spatiele variatie die er is in de bodem en het gewas. PL is voor de meeste bedrijven nog een groeimodel (zie volgende paragraaf). PL is binnen het totale gewas- en bedrijfsmanagement een effectieve manier om gewasbescherming te optimaliseren. PL helpt de ondernemer bij het maken van strategische keuzes o.b.v. data en kennis, bij het beslissen en bij het nauwkeurig uitvoeren van handelingen in het gewas. Wat dat betreft gaan IPM en PL hand in hand. Data-gedreven landbouw is een doorontwikkeling van PL.

Belangrijk bij PL, is om goed onderscheid te maken tussen PL-technieken en PL-toepassingen. De technieken zijn een essentieel onderdeel van de toepassingen. Voorbeelden van precisietechnieken zijn een bodemvochtsensor, plaatsbepalingstechnologie (bijv. GPS), een precisie-gestuurde schoffel of spuitdop, een Geografisch Informatie Systeem (GIS) en Bedrijfsmanagement Systeem (BMS) software. Een BMS is een voorwaarde om PL te kunnen toepassen. Voorbeelden van PL-toepassingen zijn sensorgestuurde mechanische onkruidbestrijding, plaatsspecifiek variabel doseren van gewasbeschermingsmiddelen en meststoffen, maar ook optimalisatie van gewasrotaties o.b.v. data en kennis. Bij elke PL-toepassing zie je dat technieken gecombineerd worden met agro-ecologische kennis tot een beslissing; bijv. tot een operationele precisieteelthandeling met een taakkaart of een strategische beslissing over een bouwplan. Populair gezegd doe je met PL vier dingen juist: "je doet de juiste teeltbeslissing op de juiste plaats, het juiste tijdstip in de juiste mate". Pas als PL als integraal bedrijfsmanagementconcept wordt toegepast, zie je grote positieve effecten en enthousiaste gebruikers; hiervan zijn er een aantal voorbeelden van bedrijven in het NPPL-netwerk. Deze voorlopers mag je data-gedreven agrarische bedrijven noemen.

Er zijn door het groeiseizoen heen tientallen strategisch-tactische beslissingen en operationele teelthandelingen te optimaliseren met PL.

Bij iedere toepassing zie je de volgende onderdelen:

Data -> Beslissen -> Implementatie -> Evaluatie

Data over bodem, klimaat, gewasgroei, opbrengst en biodiversiteit (gewenst en ongewenst; ongewenst zijn ziekten, plagen en onkruiden in deze) komen vanuit verschillende typen sensoren aangevuld waar nodig met visuele waarnemingen die dan digitaal gemaakt worden voor verder gebruik. De data worden verwerkt in het BMS tot een **beslissing** o.b.v. modellen of expert judgement. De **implementatie** is dan de invulling van een strategisch-tactische keuze of uitvoering van de teelthandeling (bijv. sensor-gestuurd schoffelen van onkruid of plaats specifiek een herbicide doseren via een taakkaart).

Tot slot wordt de uitvoering digitaal gelogd en gebruikt bij de **evaluatie** van het resultaat. Dit alles met bijhorende investeringen in techniek en kennis komt het beste tot zijn recht als PL als integraal managementconcept op het bedrijf wordt toegepast. PL als concept past zowel bij geïntegreerde als biologische landbouw en alle vormen van *mixed cropping* systemen op percelen (o.a. strokenteelt).

Precisielandbouw als groeimodel

We kunnen 4 niveaus van PL onderscheiden: PL1.0,, PL4.0.

PL1.0 begon rond 1990 vanuit de academische wereld met het beschikbaar komen van satellietbeelden waarmee variatie in bodems en gewasgroei in kaart gebracht werd om daarmee vervolgens meststoffen gericht in te zetten om opbrengsten te verhogen. Andere basistechnieken kwamen daarna ook beschikbaar, zoals software op computers voor teeltregistratie, beslissingsondersteunende systemen (BOSsen) en klimaatregeling bewaarplaatsen, en plaatsbepalingstechnologie waarmee vaste rijpadensystemen (*controlled traffic farming* (CTF)) mogelijk werd. Weerstations voor lokaal gebruik waren toen ook reeds beschikbaar.

Vanaf 2010 zien we de eerste PL-toepassingen in de praktijk in Nederlandse akkerbouw (PL2.0). Satellietbeelden komen betaalbaar beschikbaar via data-platforms in combinatie met BOSsen. Ook zien we de eerste taakkaart-toepassingen waarbij gewasbeschermingsmiddelen en meststoffen variabel gedoseerd worden op basis van biomassa- of bodemeigenschappenkaart (VRA = variable rate application). Tegelijkertijd zien we ook sensor-gestuurde niet-chemische onkruidbestrijding opkomen. Drone-waarnemingen doen ook hun intrede en leveren meer gedetailleerde kaarten van bodem en gewas, met ook al enige vorm van onkruidherkenning. En er komen veel sensorsystemen voor waarnemingen in de bodem of gewas beschikbaar, zoals bodemvochtsensoren en NIR-sensoren die eigenschappen aan gewasplanten kunnen meten.

PL3.0 is de doorontwikkeling naar autonome teeltmaatregelen met veel sensoren op veldrobots (bijv. sensorgestuurde onkruidbestrijding). De ontwikkeling van veldrobots is hier de basis plus gedetailleerde waarnemingen met camerasystemen en artificial intelligence. Ook de actuatie (uitvoeren) is flink in ontwikkeling, deze moet namelijk een hoge mate van precisie hebben. Het gaat hier om systemen die bijv. gericht een druppel van een gewasbeschermingsmiddel op een plant kunnen plaatsen zonder emissie. In de Nederlandse landbouw staat de toepassing van PL3.0 nog in de kinderschoenen. We zien de eerste autonome platformen rijden, maar deze zijn vooral nog experimenteel. Toepassingen zijn bijvoorbeeld autonome detectie en bestrijding van aardappelopslag.

PL4.0 is de doorontwikkeling van PL naar volledige data-gedreven productie met connecties naar alle ketenpartijen. Er zijn een handvol agrarische bedrijven in NL die hun dataruimte zo hebben ingericht dat ze van alle percelen en gewassen de relevante data bij elkaar kunnen brengen en gebruiken om hun bedrijven te optimaliseren, en te delen met partijen die dat wensen. Dit is ook van belang bij de verwachte verantwoording over de verduurzaming middels *key performance indicators* (KPI). PL4.0 staat ook nog in de kinderschoenen. Ondernemers hebben behoefte aan een dataruimte die voor hen makkelijk toe te passen is en waarmee ze soeverein zijn over hun data.

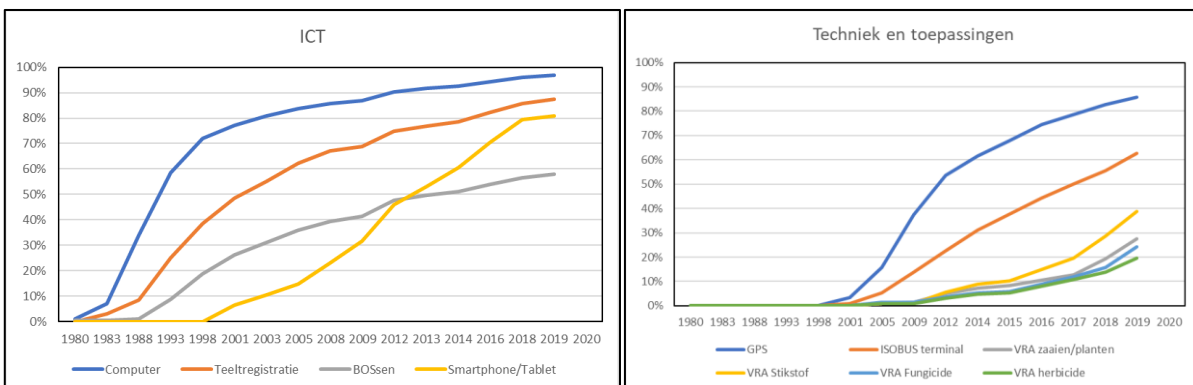
Andere aandachtspunten zijn verbetering van interoperabiliteit en portabiliteit. Door het toegenomen gebruik en de toegenomen beschikbaarheid van data is het punt aangaande eigendomsrecht van data steeds belangrijker.

In de topsector AgriFood PPS Op naar Precisielandbouw 4.0 (PL4.0) wordt gewerkt aan ontwikkeling van een betere dataruimte van het boerenbedrijf in AgriFood-ketens.

Brancheorganisatie Akkerbouw is penvoerder van deze PPS en heeft het voortouw genomen om in overleg met LNV, RVO en WUR tot een voorstel te komen hoe de data infrastructuur met datakluis op het boerenbedrijf beter georganiseerd kan worden; zowel technisch als organisatorisch. Voornemen is dit breder te trekken naar alle open-teelten sectoren. Relevant voor Plantgezondheid is dat hiermee ook transparantie en tracking en tracing op basis van Closed Loop Spraying (CLS) met stappen Plan -> Decide -> Act -> Evaluate op zowel tactische als strategische onderwerpen mogelijk wordt.

Hierbij wordt de hoeveelheid verspoten product per locatie in het perceel geregistreerd op een manier dat deze registratie ook gebruikt kan worden als onderbouwing voor de controlerende- en handhavende instanties. Hierbij kan alvorens de bespuiting gestart wordt bepaald worden waar welke doseringen toegepast kunnen worden, bijvoorbeeld op basis van een taakkaart.

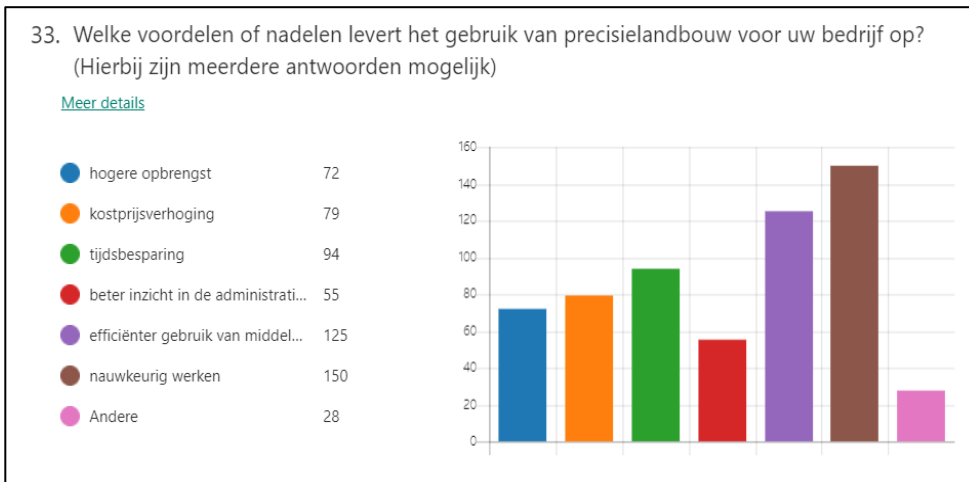
Het is niet eenvoudig om kwantitatieve getallen te plaatsen op adoptie van PL omdat het zo breed is. Vanuit het NPPL project is in 2019 een inventarisatie gedaan onder ruim 200 akkerbouwers, melkveehouders en loonwerkers over adoptie van PL-technieken en -toepassingen⁵⁸. Wat uit die enquête bleek, is dat PL1.0 al een basis is op veel agrarische bedrijven. De meeste respondenten hebben een vorm van BMS en GPS op hun bedrijven. Dat blijkt o.a. uit de onderstaande 2 grafieken (Figuur 5.7.1) waarin de beschikbaarheid van de benodigde ICT, plaatsbepalingstechnologie (GPS) en stuursystemen voor machines (Isobus terminals) veelal aanwezig is. Dit zijn wel statistieken van respondenten die interesse hebben in PL (beantwoording was op verzoek). In werkelijkheid zullen de percentages lager liggen. Verder zien we dat sinds 2018 de interesse in gebruik van taakkaarten om hulpmiddelen te optimaliseren o.b.v. sensordata en BOS stijgt (zie VRA zaaidichtheid, bemesting, ziekte- en onkruidbestrijding curves in de rechter tabel). Zoals gezegd zullen deze percentages VRA toepassingen in werkelijkheid lager liggen omdat respondenten vooral ondernemers waren die interesse hebben in PL en daar ook al op hun manier mee bezig zijn. Hoe ze het toepasten, gaven ze niet aan. Duidelijk is dat ze er in geloven. In NPPL worden meerdere van deze toepassingen toegepast op de deelnemende bedrijven (6 van 18 gaan over gewasbescherming en onkruidbestrijding; www.proeftuinprecisielandbouw.nl). Besparingen op hulpmiddelengebruik als gewasbeschermingsmiddelen liggen op zo'n 30% met behoud van goede effectiviteit (zie ook evaluatieverslag NPPL van Vullings et al., 2021).



Figuur 5.7.1 Uitkomst enquête adoptie precisielandbouwtechnieken en -toepassingen. N.B., dit zijn data van ondernemers die interesse hebben in precisielandbouw en daar waarschijnlijk ook al mee begonnen zijn. Hoe ze de VRA (Variable Rate Application) toepasten, was niet opgenomen in de vragenlijst.

In de derde figuur hieronder (5.7.2) zien we waarom de respondenten in PL willen investeren. Efficiënter met middelen omgaan en nauwkeurig werken scoorden het hoogst in de enquête.

⁵⁸ <https://www.proeftuinprecisielandbouw.nl/doe-mee-met-enquete-over-technieken-precisielandbouw/>



Figuur 5.7.2 Uitkomst enquête adoptie precisielandbouwtechnieken en -toepassingen (203 respondenten die 1 of meer aspecten konden aankruisen).

Een ander onderzoek vanuit Agridirect onder ruim 2.000 Nederlandse akkerbouwbedrijven laat zien dat ruim 50% van de akkerbouwers GPS heeft op één of meerdere landbouwmachines⁵⁹. Bij bedrijven met 100 ha of meer heeft zelfs 90% GPS. 7% van de respondenten geeft aan in de toekomst te willen investeren. In dit onderzoek maakte 7,3% van de telers gebruik van automatische waarschuwingssystemen tegen ziekten of plagen. 5,8% maakte gebruik van satellietkaarten, 3,7% van autonome landbouwmachines en 1,7% van drones.

Wat ook interessant is, is dat van de telers die momenteel niets doet met precisielandbouw 67,3% geen interesse heeft om te investeren in precisielandbouw. Het zou goed zijn om te weten wat hierbij de beweegredenen zijn. Een hypothese is dat bij een deel van deze bedrijven geen bedrijfsopvolger is en investeren in precisielandbouw voor de jaren die nog resten niet rendabel is. Onderzoek van Aeres in opdracht van BO Akkerbouw ten behoeve van het Actieplan Plantgezondheid bracht begin 2019 enkele punten in beeld die verdere en snelle introductie van PL tegengaan (BO Akkerbouw, 2019):

- Lacunes in bruikbaarheid BOS'en. Betreft o.m. voor enkele specifieke ziekte / plaag-gewascombinaties nog niet beschikbaar, mate waarin rekening gehouden wordt met (deels nog onbekende) schade-drempels, te weinig integraal toepasbaar over bouwplan / gewasrotaties.
- Het is niet eenvoudig goed verdienmodel te leggen onder een BOS. Mede daardoor in Nederland weinig projecten gericht op testen, inzet of verbeteren van BOS'en.
- Correcte waarneming en diagnose zijn belangrijk voor keuze van maatregelen en middelen en voor gebruik juiste BOS. Onvoldoende correcte diagnose stellen heeft gevolgen voor correcte keuze bestrijding. Beeldherkenning van ziekten en plagen is belangrijke route voor de toekomst.
- Er is kennishiaat in toepassing precisielandbouw bij waarnemen latente schimmelinfecties en bij pleksgewijs bestrijden.
- Drones mogen niet overal vliegen; restricties lijken toe te nemen. Vereist (ook) onderzoek naar alternatief, met bijvoorbeeld sensoren op machines en werktuigen.

Precisiegewasbescherming

In de vorige paragraaf werd al kort ingegaan op de interesse van ondernemers voor PL bij gewasbescherming. Deze paragraaf geeft een samenvattende tabel over mogelijke en bewezen PL-toepassingen en enkele nuanceringen per toepassing aan de hand van de stappen die in PL doorlopen moeten worden: data -> beslissen -> uitvoeren -> evaluatie.

⁵⁹ <https://www.agridirect.nl/blogs/precisielandbouw-de-trends-binnen-akkerbouw/>

Tabel 5.7.1 Samenvattende tabel PL-toepassingen gewasbescherming 2022

Toepassing	Status
<i>Plaats specifieke inzet gewasbeschermingsmiddelen</i>	
Variabel doseren bodemherbiciden o.b.v. bodemkaarten	1
Variabel doseren loofdoodmiddelen o.b.v. biomassa-kaarten	1
Variabel doseren preventief werkende fungiciden o.b.v. biomassa-kaarten	1-2
Variabel doseren contactherbiciden o.b.v. <i>green on brown</i> biomassa-detectie	1
Variabel doseren contactherbiciden o.b.v. <i>green on green</i> biomassadetectie onkruiden	2
Gewasrijbespuiting (o.b.v. openen doppen boven de rijen)	1
Tussenrij bespuitingen (o.b.v. openen doppen tussen de rijen)	1
Spot-spraying (pleksgewijs spuiten o.b.v. zones in taakkaarten)	1-2
Camera-gestuurde mechanische onkruidbestrijding tussen gewasrijen	1
Camera-gestuurd schoffelen in gewasrijen	1
<i>Plantgerichte inzet gewasbescherming</i>	
Detectie ziekten, plagen en onkruiden (ZPO's) op soortniveau	2
Beslisregels die detecties ZPO's koppelen aan precisiemaatregel en -actuatie op plantniveau (zowel chemische als niet-chemisch)	2
Integratie detectie, beslisregels en actuatie op veldrobots (zowel chemisch als niet-chemisch)	2
<i>Data-gedreven strategische keuzes</i>	
Data-platforms als basis voor de keuzes	2
Advies-apps bodemgebonden ZPO's	1-2
Data-gedreven KPI's	2

* 1 = aangetoond op praktijkbedrijven, 2 = in ontwikkeling

Data. Om beslissingen te nemen over de noodzaak om ziekten, plagen of onkruiden te bestrijden, waarbij het gaat over de methode, de timing, de plaats en de intensiteit waarmee bestreden gaat worden, zijn data over bodem, gewas, klimaat, de ziekten, plagen of onkruiden, en het management (alle teelthandelingen) van belang. Op dit moment zijn data over bodem, gewas, klimaat en management tot een schaalniveau van 10 m² digitaal van voldoende kwaliteit en betaalbaar te verkrijgen. Hiermee kunnen taakkaarten gemaakt worden voor variabel doseren van bodemherbiciden en middelen die een biomassa-afhankelijke dosis effect relatie hebben (bijv. loofdoodmiddelen). Detectie van ziekten, plagen en onkruiden in gewassen is nog steeds een uitdaging. Er zijn enkele prototypes die plantensoorten kunnen onderscheiden. Hier zijn zeker nog technische ontwikkelingen te verwachten op het gebied van detectie met camera's plus *artificial intelligence* detectie algoritmen. En er zijn systemen die bepaalde aantastingen op gewasplanten kunnen herkennen. Dit is veelal nog experimenteel. Bij onkruidbestrijding zijn er camerasystemen die helpen bij zo dicht mogelijk bij gewasplanten mechanische onkruidbestrijding te doen.

Beslissen. BOSsen worden ook in andere hoofdstukken van dit rapport besproken. Diverse ketenpartijen werken hier aan. Kwaliteit van die BOSsen staat en valt bij beschikbaarheid van data van bodem, gewas, klimaat, ziekte/plaag/onkruid en voorafgaand management. Bij PL zijn deze BOSsen een essentieel onderdeel en wordt software gebruikt om die data om te zetten in een advies en machine-ready taakkaart. Zo zijn er op www.farmmaps.nl een aantal apps ontwikkeld die data van een bodem- of biomassakaart omzetten in een doseerkaart die ruimtelijk de minimum effectieve dosering weergeeft binnen het perceel. Deze apps bevatten eenvoudige rekenregels/algoritmen/complexere modellen die zo veel mogelijk *realtime* data omzetten in een advies. Dit heet variabel doseren (zie eerder VRA in Fig. 5.7.1). Andere software helpt bij het maken van spot-spraying kaarten. Momenteel wordt ook gewerkt aan digital twins om hiermee optimale bouwplanscenario's in relatie tot schade door bodempathogenen te verkennen.

Uitvoering. Hier zien we ook veel ontwikkelingen. Aan de ene kant zijn het ontwikkelingen gericht op het *smarter* maken van de huidige machines in de landbouw. Zo zien we veel investeringen op nieuwe niet-chemische onkruidbestrijdingsmethoden die gericht individuele onkruiden doden, bijv. camerasystemen voor detectie van onkruiden en autonome veldrobotplatformen die onkruiden plant specifiek kunnen bestrijden. Bij spuittechniek zien we de intrede van spuitmachines die individuele doppen kunnen aansturen (doseren per dop).

Daarnaast worden de spuitmachines steeds slimmer wat betreft correctie voor spuitboombewegingen en omgaan met weersomstandigheden, dit alles ter vermindering van onnodig gebruik en preventie van drift. De voorgenoemde doseerkaarten worden dan machine-specifiek omgezet naar een taakaart waarmee de machine weet waar welke hoeveelheid te spuiten. Laat onverlet dat er ook een aantal lowtech precisie-toepassingen zoals rijenbespuitingen of tussen-gewasrijbespuitingen, al dan niet met kappen.

We zien aan de andere kant dat de gerichte niet-chemische onkruidbestrijdingsmethoden en ook precisie-applicatie van middelen op de veldrobots geplaats worden. Dit laatste is nog wel experimenteel en moet zich nog bewijzen in de praktijk.

Evaluatie. Zie hiervoor ook de tekst over PL4.0 hierboven (Kempenaar et al., 2020). Relevant voor gewasbescherming is dat er op de uitvoerende machines digitaal gelogd wordt wat gedaan is en dat deze informatie teruggestuurd wordt naar het BMS van de agrariër. Dit is nog niet *plug & play* en verdient collectieve aandacht. Een aantal NPPL deelnemers is van mening dat ze met deze informatie via PL-technieken kunnen aantonen dat ze een aantal middelen die onder druk staan in de toelating veilig kunnen toepassen omdat ze gebruik en emissie aanzienlijk verminderen. Ze vragen support voor dit soort toepassingen.

In zijn algemeenheid zien we dat er technisch inmiddels allerlei mogelijkheden zijn voor precisie-gewasbescherming in alle sectoren. Wel leert de ervaring dat er hobbels en uitdagingen zijn. Zo komt het regelmatig voor dat een terminal van een trekker/spuit een bepaalde taakkaart niet (goed) in kan lezen. Ervaring bij NPPL heeft laten zien dat er vaak wel oplossingen gevonden kunnen worden, maar dit kost tijd. Dit soort zaken zorgen ervoor dat soms in het seizoen potentiële precisie-toepassingen niet uitgevoerd worden, omdat er geen tijd is om te wachten met de behandeling. Op dat vlak zou betere communicatie tussen platform, trekker en machine mogelijk verbetering kunnen bieden.

Tot slot

De Nederlandse landbouw loopt in algemene zin niet voorop met PL, maar heeft een aantal PL-toepassingen waarin we wel voorop lopen. De grote ontwikkelingen in PL wereldwijd gebeuren vooral in landen met bedrijven groter dan 1000 ha en veelal met maaigewassen als tarwe, maïs en soja. De Nederlandse landbouw is kleinschaliger en diverser, bovendien zijn de opbrengsten al behoorlijk hoog. Dit maakt dat het zoeken is naar PL-toepassingen die in Nederland goed tot hun recht komen. Zo zien we dat internationaal precisielandbouw het bedrijfsmanagement op de zeer grote bedrijven kan vergemakkelijken. In Nederland is hier minder voordeel te behalen door de kleinere schaal. Op het gebied van gewasbescherming heeft de NL landbouw een aantal PL-toepassingen ontwikkeld die een voorbeeld zijn voor de rest van de wereld. Dit speelt met name op het gebied van het koppelen van data aan adviesmodules voor enkele herbiciden en fungiciden om te komen tot taakkaarten. De ontwikkeling van onkruidherkenningssystemen en mechanische onkruidbestrijding stagneert na de successen van een aantal jaren geleden (bijv. Steketee onkruidherkenning in de rij).

Mogelijk komt dit doordat er te veel verschillende kleine projecten lopen op dit onderwerp. Deze versplintering zorgt er ook voor dat ontwikkelingen gebaseerd op *artificial intelligence* minder goed tot hun recht komen.

Data-gedreven landbouw is niet alleen gericht op optimalisatie van bedrijfs- en ketenprocessen. In het kader van het Gemeenschappelijk Landbouw Beleid (GLB) wordt data ook steeds meer gebruikt voor verantwoording. En dan komen *key performance indicators* (KPI) in beeld⁶⁰. PL-technologie geeft hiervoor ook een basis. Belangrijk is daarbij dat agrarische ondernemers elk hun eigen data hub hebben van waaruit zij data en afgeleide informatie kunnen en willen delen met autoriteiten. Dit vergt nog enkele technische en organisatorische ontwikkelingen waaraan o.a. in PPS PL4.0 gewerkt wordt (zie Kempenaar et al., 2020). Vanuit deze PPS is het initiatief genomen om een roadmap digitalisering open-teelten bedrijven te maken. Hierbij zijn BO-Akkerbouw, LNV, RVO en WUR betrokken. De roadmap gaat naar verwachting richting geven aan een volwassen data-infrastructuur op agrarische bedrijven en bijhorend ecosysteem, die voldoet aan gedragscode agrarisch datagebruik en (verwachte) wetgeving op data-gebruik. Toepassen van KPI's, BOSsen, IPM en ICM /precisielandbouw gaan bij realisatie van het ecosysteem hier van profiteren.

⁶⁰ <https://www.bo-akkerbouw.nl/nieuws/2021/11/biodiversiteitsmonitor-akkerbouw-stelt-indicatoren-vast>

5.7.2 Detectietechnieken

In dit onderdeel worden de ontwikkelingen op het gebied van detectie van ziekte- en plaagorganismen beschreven. De rol hiervan t.b.v. plantgezondheid is groot aangezien het dan wel niet om 'voorkomen is beter dan genezen' gaat, maar wel om het mogelijk maken van het nemen van maatregelen in een vroegtijdig stadium van de incidentie van de ziekte of plaag.

Stand van Zaken

Om alle mogelijke ziekteverwekkers op te sporen wil de land- en tuinbouw graag gebruik maken van specifieke, gevoelige, robuuste en snelle testen, bij voorkeur tegen lage kosten (Bonants & te Witt, 2017). De testen uit het verleden zijn veelal gebaseerd op microscopische eigenschappen (groei-eigenschappen op verschillend medium of morfologie) of op andere biologische eigenschappen. Visuele beoordeling is nog altijd een belangrijke methode, maar experts om dit goed uit te voeren zijn niet altijd meer aanwezig. Het blijft moeilijk om symptomen toe te wijzen aan een bepaald pathogeen daar immers meerdere pathogenen eenzelfde symptoom laten zien. Sinds de jaren 70 worden testen ontwikkeld op basis van antilichamen, bv ELISA (enzyme-linked immuno sorbent assay) en LFD's (lateral flow devices), de zgn. "zwangerschapstesten". Deze zijn gebaseerd op antilichamen, die meer of minder specifiek zijn voor een bepaald pathogeen. Deze antilichamen worden verkregen door bijvoorbeeld een konijn in te spuiten met een virus of bacterie (immuniseren). Door uit het bloed na een aantal weken de antilichamen te zuiveren verkrijgen we zo de nodige polyclonale antilichamen. De specificiteit laat vaak te wensen over omdat de verkregen antilichamen niet altijd specifiek blijken te zijn. De ELISA- en LFD testen kunnen tegen relatief lage kosten specifieke bacteriën en virussen opsporen. Sinds de jaren 90 komen daar moleculaire testen bij. Op basis van de DNA-volgorde van de ziekteverwekker kunnen specifieke testen worden ontwikkeld. Door gebruik te maken van de PCR (polymerase kettingreactie) wordt specifiek het DNA van een deel van één organisme vermenigvuldigd zodat het zichtbaar is. Een veelgebruikte variant hiervan is de TaqMan PCR, die gebruik maakt van een extra fluorescente stof die zichtbaar wordt als de specifieke ziekteverwekker aanwezig is in een monster. Hiermee kunnen ook kwantitatieve gegevens over de hoeveelheid van het pathogeen worden verkregen. Veel van deze PCR-testen kunnen alleen in een laboratorium plaatsvinden. Om ook in het veld, in de kas of op locatie te kunnen meten zijn alternatieve vermenigvuldigingsmethoden ontwikkeld, bv de LAMP (loopmediated amplification) methode, die met een simpel draagbaar apparaat binnen een half uur op basis van DNA- en RNA-ziekteverwekkers kan aantonen, zoals bijvoorbeeld een virus in een blad van een bepaalde plant of in een witte vlieg. Daarnaast is ook de eerdergenoemde LFD geschikt om in het veld of in de kas relatief voordelig en snel (binnen 10 min) te bepalen of een monster (blad of ander substraat) besmet is met een bepaald virus of bacterie afhankelijk van het gebruikte antilichaam.

Nieuwe ontwikkelingen in de detectie spitsen zich toe op multiplex (meerdere ziekteverwekkers tegelijkertijd kunnen detecteren). Het Luminex systeem is hier een voorbeeld van. Het maakt gebruik van gekleurde bolletjes waaraan antilichamen of stukjes DNA gekoppeld kunnen worden en waarmee tot wel 100 ziekteverwekkers tegelijk kunnen worden geanalyseerd, bv meerdere virussen uit één gewas.

Voor de meeste moleculaire technieken heb je informatie nodig over de DNA/RNA volgorde (=sequentie) van de ziekteverwekker. Door een vergelijking te maken tussen de sequenties van verschillende mogelijke daderorganismen in een grote database, kun je heel snel de ziekteverwekker achterhalen. Waar men in de jaren tachtig de volgorde van honderden bouwstenen per dag kon bepalen is men nu in staat om de gehele volgorde van een organisme m.b.v. NGS (Next Generation Sequencing) te bepalen in een dag.

Naast de moleculaire technieken wordt ook gewerkt aan niet-destructieve methoden als Next Generation Phenotyping m.b.v. geavanceerde camera's. Planten worden met verschillende golflengten geanalyseerd en gekeken wordt of er veranderingen tussen besmette en schone planten te zien zijn. De specificiteit van deze analyses staat echter nog in de kinderschoenen. Deze technologie wordt ook met name ingezet in de veredeling (Moreiro et al., 2020). Een mooi voorbeeld is de NPEC-faciliteit⁶¹. Dit Nederlands Plant Eco-phenotyping Centre (NPEC) is een gezamenlijk initiatief van Wageningen Universiteit & Research en de Universiteit van Utrecht. Deze geïntegreerde, nationale onderzoeksfaciliteit is zowel in Wageningen als in Utrecht gehuisvest.

⁶¹ <https://www.wur.nl/en/product/The-Netherlands-Plant-Eco-phenotyping-Centre-NPEC.htm>

Karakteristiek	LAMP	TaqMan-PCR	DAS-ELISA	EM (Electr. Microsc.)	Luminex	NGS	Moderne Vision Technieken
Snelheid	***	**	**	**	**	**	***
On-site	ja	nee	nee	nee	nee	nee	nee
Specificiteit	***	***	**	**	**	***	*
Gevoeligheid	***	***	**	*	***	**	* - ***
Aantal pathogenen per monster	1 à 2	1 - 4	1	n.v.t.	(1-96)	Oneindig	nvt
Aantal monsters per test	8 - 16	1 - 96	1-1000-en	1	1-1000-en	1 - 24	1
Kwalitatief	semi	ja	ja	nee	semi	ja	nee
Kosten	**	**	*	***	**	***	*

Figuur 5.7.3 Karakteristieken van verschillende detectie- en identificatiemethoden.

Er zijn inmiddels vele technieken beschikbaar om ziekteverwekkers te detecteren⁶². Tabel 5.7.3. geeft verschillende karakteristieken van een aantal veelgebruikte detectiemethoden weer.

Een detectiemethode wordt internationaal geaccepteerd als een methode goed is gevalideerd. Een aantal prestatiekenmerken, zoals specificiteit, gevoeligheid, herhaalbaarheid, reproduceerbaarheid, selectiviteit en robuustheid, moeten bepaald worden volgens internationale afspraken. Het beschikbaar hebben van het juiste referentiemateriaal, om bijvoorbeeld specificiteit goed te kunnen bepalen, is vaak een probleem. Dat materiaal is of niet goed te verkrijgen of slechts heel moeilijk naar Nederland te halen, dit in verband met het Nagoya protocol.

Trends

De detectie van plantenpathogenen wordt vaak uitgevoerd middels PCR op DNA/RNA van het target organisme. DNA analyses tonen zowel dode als levende organismen aan, analyses op RNA geven een indicatie van de aanwezigheid van levende organismen.

Bepaalde chemische stoffen (b.v. PMA) kunnen celmembranen van een levend organisme niet passeren. Bij dode organismen kunnen deze stoffen dat wel en aan DNA binden in de cel. Deze stoffen kunnen daarmee in potentie benut worden voor het onderscheiden van levende en dode bacteriën.

Detectie wordt momenteel vaak uitgevoerd op een set van standaardgenen, zogenaamde huishoudgenen, die in elk organisme aanwezig zijn: CO-1 voor insecten, ITS-gebied voor schimmels en 16S voor bacteriën. Deze genen hebben geen enkele relatie met pathogeniteit.

Door het meer en meer sequencen van gehele genomen van organismen komen we meer te weten over welke genen actief zijn in een organisme en welke rol ze spelen in de pathogeniteit. Genen die een rol spelen in de pathogeniteit zijn derhalve belangrijke doel voor de detectie. Er is echter nog geringe kennis van deze genen aanwezig.

De ontwikkeling van de taxonomie van organismen heeft ook een belangrijke ontwikkeling doorgemaakt door het sequencen. Meer en meer hele genomen van virussen, bacteriën, schimmels en ook nematoden worden bepaald. De verwantschappen (taxonomie) tussen de doelorganismen en nauwverwante soorten kan hiermee beter in kaart worden gebracht. Dat heeft dan ook zijn weerslag op de detectie; deze kan hiermee specifiekere wordt uitgevoerd.

Werd in het verleden vaak één bepaald isolaat van een soort als referentie-isolaat beschouwd, momenteel worden meerdere isolaten van een bepaalde soort gesequenced. Hiermee wordt een Pangenoom opgebouwd, een genoom van meerdere isolaten tegelijk. Hiermee wordt een beter beeld gekregen van de variatie die er binnen een bepaalde soort aanwezig is en hoe de detectie op welke deel van genoom moet worden uitgevoerd. Dit vereist een enorme inspanning. Samenwerking tussen nationale en internationale partners is een must. Alsmede ook het beschikbaar hebben van het juiste referentiemateriaal.

⁶² <https://www.wur.nl/nl/Onderzoek-Resultaten/Onderzoeksinstituten/plant-research/Biointeracties-Plantgezondheid/diagnostiek-plantenziekten.htm>

Uitwisseling van referentiematerialen en sequentiegegevens is hierbij noodzakelijk. Het Nagoya protocol kan hier een belemmering in vormen.

De uitwisseling van gegevens tussen organisaties vormt vaak een belemmering. Sequentiegegevens blijven vaak liggen totdat een publicatie is geaccepteerd, terwijl het ook voorkomt dat deze gegevens nooit gepubliceerd worden en de gegevens niet beschikbaar komen voor algemeen gebruik. Een ander probleem is dat de sequentiegegevens in de internationale database NCBI⁶³ vele fouten bevatten daar de gegevens niet altijd goed worden gecontroleerd. Q-bank is een database met gegevens over Q-organismen en hun nauwverwante soorten. Deze database wordt door EPPO gecreëerd, maar aanvulling en onderhoud blijft nodig.

Er is ook een duidelijke trend zichtbaar naar het uitvoeren van de detectiemethode on-site, uit de laboratoriumomgeving naar de plaats waar de analyse gewenst is, in de kas, op het veld, op het vliegveld of in de haven. Testen hiervoor zijn ontwikkeld en worden reeds toegepast. Zoals de LFD (lateral flow device) die gebruikt maakt van antilichamen en de moleculaire isotherme LAMP methode, die binnen een half uur uitsluitend geeft over de aanwezigheid van een bepaald organisme.

Typering van implicaties

Door een toename van de handel met meer landen is er een toenemende behoefte aan detectiemethoden voor nog meer organismen. Ook het meer en meer sequensen van organismen zal impact hebben op het gebruik van detectietools. We zien hierdoor voor de verschillende stakeholders binnen Nederland de volgende implicaties op het gebied van detectie:

1. Voor detectie is het hebben van het juiste referentiemateriaal onontbeerlijk, zowel van het targetorganisme als ook de nauwverwante soorten en andere organismen die in het substraat voor kunnen komen.
2. Het verkrijgen van materiaal kan door Nagoya een belemmering vormen.
3. Na de ontwikkeling van de detectietoets is een goede validatie volgens EPPO richtlijnen belangrijk voor internationale acceptatie
4. EU-regelgeving verplicht accreditatie op ISO 17025-niveau voor alle Q-organismen. In Nederland betekent dit potentieel veel werk voor de NVWA als Europees referentielaboratorium voor virussen en bacteriën.
5. Koppeling tussen de detectie van een organisme en de fytopathologische betekenis is belangrijk om de relevantie van een detectie te kunnen duiden, met name voor nieuwe moleculaire methoden zoals de NGS (next generation sequentie) methoden. Er is op zowel moleculaire detectie als traditionele fytopathologie voldoende expertise en infrastructuur blijvend nodig.
6. Telers en adviseurs kunnen ook zelf testen gaan uitvoeren. Zij moeten dan echter wel de uitslag goed kunnen interpreteren om de juiste beslissing te kunnen nemen.

⁶³ <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>

6 Ontwikkelingen richting weerbare teeltsystemen met minder afhankelijkheid van gewasbeschermingsmiddelen per sector

Hoofdstuk zes gaf een algemeen beeld van de stand van zaken en trends in ontwikkelingsrichtingen rondom weerbare teeltsystemen. In dit hoofdstuk worden de onderwerpen van hoofdstuk zes meer specifiek besproken in relatie tot de vier kernsectoren.

6.1 Glastuinbouw

Het volgende geeft voor de glastuinbouw een overzicht van de stand van zaken t.a.v. en ontwikkelingen van weerbare teeltsystemen die minder afhankelijkheid van gewasbeschermingsmiddelen mogelijk helpt maken.

De Nederlandse glastuinbouw richt zich met name op de productie van glasgroenten en sierteelt op een areaal van ruim 10000 ha. Het areaal is de laatste jaren licht gestegen (CBS, 2021). Met name door een stijging van het areaal glasgroenten. De meest geteelde glasgroenten (CBS, 2021) zijn tomaat (ruim 900 ha), komkommer en paprika (beide ruim 400 ha). In de sierteelt is Chrysant het grootste gewas (470 ha). De specialisatiegraad van de bedrijven is hoog en ligt op 86% voor de groententeelt en op 95% voor de sierteelt. De meeste teelten vinden jaarrond plaats waardoor er geen of een heel korte natuurlijke rustperiode is.

De aard van de teelt en de hightech sturingsopties bieden de glastuinbouw mogelijkheden om het gebruik van chemische gewasbeschermingsmiddelen te beperken. De klimaatbeheersing en sturing van voeding zorgt voor optimale groeicondities. Tegelijkertijd wordt in veel teelten "uit de grond geteeld" waardoor onkruidbestrijding niet nodig is en de kans op bodemgebonden plagen beperkt wordt. De kasconstructie biedt mogelijkheden om invlieg van plagen te beperken en biedt goede condities voor de toepassing van biologische bestrijders. De hoge specialisatiegraad en de jaarrond teelt levert echter extra risico's op. Daarnaast vormt het beperkte oppervlakte van deze teelten een belemmering om toelating van nieuwe middelen aan te vragen.

Een overzicht van een aantal lopende onderzoeksprojecten op het gebied van gewasgezondheid in de glastuinbouw wordt gegeven in tabel 6.1.1. Voor een totaal overzicht van door Stichting Kijk medegefinancierd onderzoek zie: Kas als ecosysteem!⁶⁴

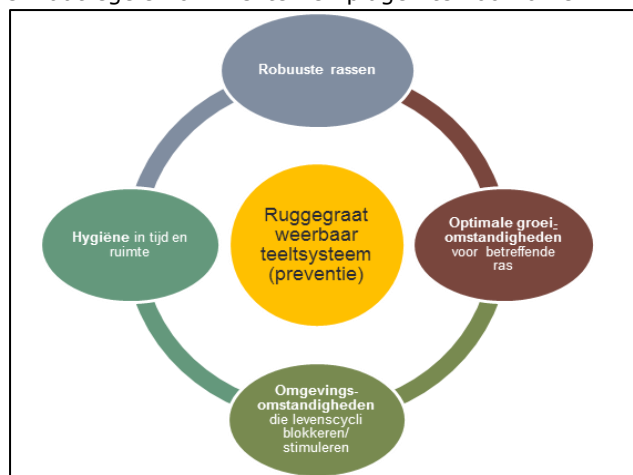
⁶⁴ <https://www.glastuinbouwnederland.nl/thema/plantgezondheid/projecten-detail/p21007-kas-als-ecosysteem/>

Tabel 6.1.1 Huidige onderzoeksprojecten in de glastuinbouwsector.

Project	Uitvoering	Onderwerp
Bacteriële ziekten	WUR	Bodemweerbaarheid
Herontwerp aardbei	WUR	Weerbaar teeltsysteem
Weerbare teelt aardbei	WUR	Weerbaar teeltsysteem
Totaal systeem generalisten	WUR	Biologische bestrijding
Hertontwerp tomaat	WUR	Weerbaar teeltsysteem
Lets' Pollinate	Consortium	Bestuiving, verbinding landbouw natuur
Stabiele ecosystemen in de kas	WUR	Biologische bestrijding
Biodiversiteit in en om de kas	WUR	Verbinding landbouw-natuur
Jaarrond Biologische bestrijding	WUR	Biologische bestrijding
Herontwerp potplanten	WUR	Weerbaar teeltsysteem
Biorationals	WUR	Bodem weerbaarheid
Meeldauw Weerbaarheid	WUR	Geïnduceerde weerbaarheid
Voeding en gewasgezondheid	Consortium	Bemesting en weerbaarheid
Boven- en ondergronds sturen op weerbaarheid	WUR	Geïnduceerde weerbaarheid en Bodemweerbaarheid
Starwars	WUR	Fysische eliminatie van plagen
Invasieve Tripsplagen	WUR	Biologische bestrijding
Clean Corridor	WUR	Gezond uitgangsmateriaal
Masterplan Fusarium	WUR	Bodemweerbaarheid
Wortelmilieu	WUR	Bodemweerbaarheid
Virusvrij telen	Consortium	Weerbaar teeltsysteem
Monitoring Plantenpathogenen in lucht	WUR	Preventie
Masterplan rupsen	WUR	Biologische bestrijding
Aanpak Caby Virus	GAC	Preventie
Slimme Sluipwespen	Consortium	Biologische bestrijding
Weet wat er leeft	Consortium	Data driven
Precisie Gewasbescherming	Consortium	Weerbaar teeltsysteem
Screeningsonderzoek Plantgezondheid	Verify	Chemische gewasbescherming
Weerbaarheid	WUR	Geïnduceerde weerbaarheid en Bodemweerbaarheid
On site detectie	WUR	Detectie
Fytosanitair belangrijk	WUR	Detectie/preventie

6.1.1 Weerbare teeltconcepten, incl. verbinden landbouw en natuur

Een weerbaar teeltconcept omvat een aantal belangrijke maatregelen om ziekten en plagen te voorkomen (Figuur 6.1.1). De maatregelen hebben betrekking op drie niveaus die nauw met elkaar zijn verbonden: de plant zelf (robuuste rassen, 6.1.3 en geïnduceerde weerbaarheid 6.1.6), de omstandigheden waaronder de plant groeit (weerbare teeltomgeving 6.1.2) en natuurlijke vijanden die op de plant aanwezig zijn (6.1.5). Dus voor de start van de teelt worden al belangrijke keuzes gemaakt die de basis leggen voor een weerbaar (of minder-weerbaar) teeltsysteem. Bij de start en zelfs nog tijdens de teelt kunnen ook nog maatregelen getroffen worden (6.1.6) om de weerbaarheid van het teeltsysteem te verbeteren of op peil te houden.



Figuur 6.1.1 Opbouw van een weerbaar teeltsysteem

6.1.2 Weerbare bodem, andere groeimedia en bemesting

In de glastuinbouw wordt nog een beperkt aantal teelten uitgevoerd als bodemgebonden (niet substraat), voornamelijk de sierteelt, radijs, bladgroente en biologische teelt van vruchtgroenten. Grondgebonden teelten hebben te maken met verschillende wortelpathogenen zoals *Pythium*, *Phytophthora*, *Fusarium*, *Rhizoctonia* en *Verticillium*. Daarnaast kunnen ook warmteminnende aaltjes, zoals *Meloidogyne*, voor problemen zorgen in verschillende teelten. Afgelopen jaren zijn de problemen veroorzaakt door verschillende plantpathogene *Fusarium*soorten sterk toegenomen in de grondgebonden teelt onder glas. Omdat de bedrijven sterk gespecialiseerd zijn in specifieke teelten is er in de meeste gevallen geen mogelijkheid voor vruchtwisseling/rotatie in de kas. Stomen van de grond, tussen de teeltrondes door, om de druk van grondgebonden pathogenen te verlagen, wordt vaak toegepast. Stomen is effectief om ziekteverwekkers te doden maar heeft als nadelen het hoge energieverbruik en de negatieve effecten op het bodemleven waardoor de weerbaarheid tegen pathogenen en de afbraak van gewasbeschermingsmiddelen daalt.

In het verleden heeft onderzoek op chrysantenteeltbedrijven aangetoond dat anaerobe grondontsmetting ("bodemresetten") effectief is voor meerdere bodempathogenen, zoals *Verticillium* en wortelknobbelaaltjes (Garcia et al., 2015). Dit proces heeft echter minimaal 1 tot 2 weken tijd nodig voor effectieve afdoening van plantpathogenen, wat moeilijk inpasbaar bleek in de teeltschema's. Binnen een aantal lopende projecten worden verschillende maatregelen als alternatief voor grondstomen onderzocht. In KaE project "Stoomvrije chrysant" wordt gekeken of aanpassingen aan de perspot en de verschillende LED belichtingrecepten effect hebben op ontwikkeling van de symptomen van bodemgebonden ziekten, zoals *Pythium* en wortelknobbelaaltjes. In PPS Green Challenges (Streminska et al., 2020) en PPS "Biorationals binnen IPM tegen ondergrondse ziekten" wordt onderzocht of toevoegingen van organische reststromen aan de kasgrond, al dan niet in combinatie met biofungiciden, infectie met *Fusarium* kunnen onderdrukken. In de praktijk wordt vaak gebruik gemaakt van groencompost als grondtoevoeging, maar effecten daarvan op wortelziektes zijn niet altijd reproduceerbaar omdat de samenstelling van groencompost en microbiële activiteit daarvan vaak te variabel zijn.

De meerderheid van de teelten onder glas maakt gebruik van inerte of organische groeimedia anders dan bodems. Deze teelten zijn helaas ook niet vrij van ziekteverwekkers zoals *Pythium*, *Phytophthora* of *Fusarium*. Deze ziekteverwekkers kunnen zich ook goed verspreiden via het watergeefstelsel. Traditioneel gezien waren organische groeimedia op basis van veen de meest belangrijke in teelten onder glas. Veen is een groeimedium met redelijk lage microbiële activiteit en daardoor is veen een stabiel groeimedium in de langdurige teelten. Lage microbiële activiteit betekent echter dat er ook relatief weinig natuurlijke weerbaarheid tegen wortelziektes aanwezig is in de groeimedia op basis van veen (Montagne et al., 2016; Streminska et al., 2020). Vanuit het oogpunt van klimaat is er een wereldwijde trend voor de komende jaren om stapsgewijs veen in groeimedia uit te faseren. Daarom worden er steeds meer veenvrije/veenarme organische groeimedia-mengsels geïntroduceerd op de markt, bijvoorbeeld met toevoeging van kokosgruis, houtvezels of composten (Pascual et al., 2018). Deze mengsels kunnen potentieel significant effect hebben op onderdrukking van wortelziektes, maar er is op dit moment nog niet voldoende informatie beschikbaar over microbiële eigenschappen van deze nieuwe groeimedia en de weerbaarheid daarvan tegen wortelziektes (Montagne et al., 2017).

Inerte groeimedia, zoals steenwol of perliet worden voornamelijk gebruikt in de productie van vruchtgroente, maar soms ook in sierteelt (zoals bij productie van gerbera en roos). Uit onderzoek naar microbiële activiteit tijdens teelt in deze groeimedia, in o.a. PPS project Wortelmilieu, blijkt dat rol van micro-organismen in weerbaarheid van deze teeltsystemen tegen ondergrondse ziekten vaak wordt onderschat (Vargas et al., 2021). Microbiële activiteit, in zowel organische als inerte groeimedia, kan beïnvloedt worden door toevoeging van organische meststoffen en biostimulanten (De Tender et al., 2019).

Plantenvoeding is een belangrijke voorwaarde voor een weerbaar gewas. Bij de huidige praktijk van bemesting in de glastuinbouw wordt het voedingsaanbod enerzijds bepaald door de samenstelling van de voedingsoplossing (verhoudingen), en anderzijds door de EC (concentraties). De EC is voor telers een uiterst belangrijke sturingsfactor voor de teelt, waarbij, per gewas sterk verschillend, veel hogere EC's worden aangehouden dan noodzakelijk is voor de voeding. Bovendien noodzaakt de geringe buffercapaciteit van substraat tot een ruim voedingsaanbod.

Voor de bemesting wordt door de meeste telers gebruik gemaakt van de bemestingsadviesbasis die in de jaren '90 door uitgebreid onderzoek is vastgelegd (de Kreij et al., 1999). De huidige bemestingspraktijk kent een ruim tot zeer ruim overaanbod aan nutriënten. In de literatuur is veelvuldig aangetoond dat een verlaging in het aanbod van bepaalde nutriënten (met name stikstof (N) de gevoeligheid van gewassen voor ziektes en plagen kan verlagen. Aan de andere kant zijn er aanwijzingen dat het aanbod van andere nutriënten, zoals calcium (Ca) en silicium (Si), in bepaalde gewassen juist kan bijdragen aan de plantweerbaarheid.

In de circulaire economie is hergebruik van organische stromen voor productie van meststoffen een logische stap. In de glastuinbouwpraktijk wordt er volop geëxperimenteerd met gebruik van organische meststoffen. Echter, de beschikbaarheid van stikstof tijdens de teelt van snelgroeïende gewassen, blijkt dan vaak onvoldoende te zijn bij gebruik van organische meststoffen in groeimedia (Grunert et al., 2016). Stikstof uit organische meststoffen moet eerst omgezet worden in minerale vormen, die beschikbaar zijn voor de planten. Dit proces is afhankelijk van de aanwezigheid van micro-organismen die bijdragen aan de mineralisatie van de organische meststoffen en van de activiteit van gespecialiseerde groep nitrificerende micro-organismen in het groeimedium die zorgen voor de omzetting van ammonium naar nitraat. Deze bacteriën zijn echter relatief langzaam en zijn niet in alle (organische) groeimedia aanwezig in voldoende aantallen. Daarom zijn ook verschillende andere "biologisch" geproduceerde meststoffen beschikbaar op de markt. In dit geval wordt organisch N ex situ omgezet naar minerale vormen van stikstof in een bioreactor. De voedingsoplossing die planten aangeboden krijgt bevat dan relatief weinig organisch stof en voornamelijk stikstof in de vorm van nitraat.

6.1.3 Robuuste rassen

Bij de veel geteelde gewassen is de beschikbaarheid van rassen die resistentie hebben tegen bepaalde ziekten of plagen groter dan bij minder geteelde gewassen. Daarnaast spelen zaken als opbrengst en smaak ook een belangrijke rol in de gewaskeuze. Resistente rassen spelen in de sierteelt een veel kleinere rol dan bij de groenten. Er wordt echter wel volop aan gewerkt om ook in de sierteelt meer resistente rassen aan te bieden, zie bijv. <https://amsterdamgreencampus.nl/centrum-voor-biotoetsen-c4b/>. In de sierteelt wordt de raskeuze sterk door de marktvraag gedictieerd die vaak andere eigenschappen (kleur, vorm) voorop stelt.

6.1.4 Gezond uitgangsmateriaal

De basis van alles is om schoon te starten en schoon te blijven. Start de teelt uitsluitend met gezond plantmateriaal, zaden en/of jonge planten, waarvan zeker is dat dit materiaal vrij is van ziekten en ook de herkomst bekend is (plantenpaspoort, lotnummers). Zowel voor de zaadproductie als bij de opkweek van jonge planten is het gebruikelijk om vergaande hygiëne maatregel te nemen. Hiervoor zijn certificeringsschema's beschikbaar zoals GSPP.

Naast de huidige hygiënemaatregelen liggen er mogelijkheden voor technologische ontwikkelingen waardoor sneller en eerder de aanwezigheid van ziekten en plagen gedetecteerd kunnen worden. Dergelijke technieken zouden in een zogeheten "clean corridor" geïntegreerd kunnen worden waardoor, bij een opkweekbedrijf of bij de teler, snel ziekten of plagen gedetecteerd kunnen worden en zondig geëlimineerd kunnen worden (Beerling et al., 2020).

6.1.5 Inzet van nuttige organismen

Nuttige organismen zoals predatoren en sluipwespen worden al decennia lang met succes ingezet in de glastuinbouw. Het begon in de jaren 60 met de inzet van de roofmijt *Phytoseiulus persimilis* voor de bestrijding van spint (Bravenboer and Dosse 1962), gevolgd door de sluipwesp *Encarsia formosa* voor de bestrijding van kaswittevlug in de jaren 70 (Hussey and Bravenboer 1971). Beide soorten natuurlijke vijanden worden nog steeds massaal geproduceerd en ingezet voor toepassing in de glastuinbouw. Het succes van biologische bestrijding in de glastuinbouw kan worden verklaard door de beschermde omgeving waar bestrijders goed gedijen en de over het algemeen kapitaalintensieve teelten waar uitgaven aan biologische bestrijders veroorloofd kunnen worden. De inzet van commercieel gekweekte natuurlijke vijanden wordt ook wel "augmentative biological control" genoemd.

In de jaren 90 van de vorige eeuw is het aantal arthropode nuttige organismen dat gekweekt en ingezet wordt sterk toegenomen. Volgens de laatste schattingen worden er momenteel wereldwijd ongeveer 350 soorten arthropode natuurlijke vijanden gekweekt voor augmentatieve biologische bestrijding door meer dan 500 bedrijven (van Lenteren et al. 2018). In de Nederlandse glastuinbouw worden momenteel 53 soorten arthropode natuurlijke vijanden en 2 soorten entomopathogene aaltjes ingezet, samen ook wel "macrobiols" genoemd (tabel 6.1.2). Veel van deze soorten wordt maar beperkt gebruikt, waaronder de vele zeer specifieke sluipwespen van wol-, schild- en dopluis. Van de lijst worden ongeveer 30 soorten op grote schaal toegepast in de glastuinbouw. De meeste soorten kunnen zonder beperkingen worden ingezet (Bijlage 8 behorende bij artikel 3.28, eerste lid, van de Regeling natuurbescherming). Voor nieuwe soorten moet een ontheffing worden aangevraagd voor toelating bij RVO.

In tegenstelling tot de macrobiols, vallen de microbiols (micro-organismen) onder de wetgeving voor toelating van gewasbeschermingsmiddelen.

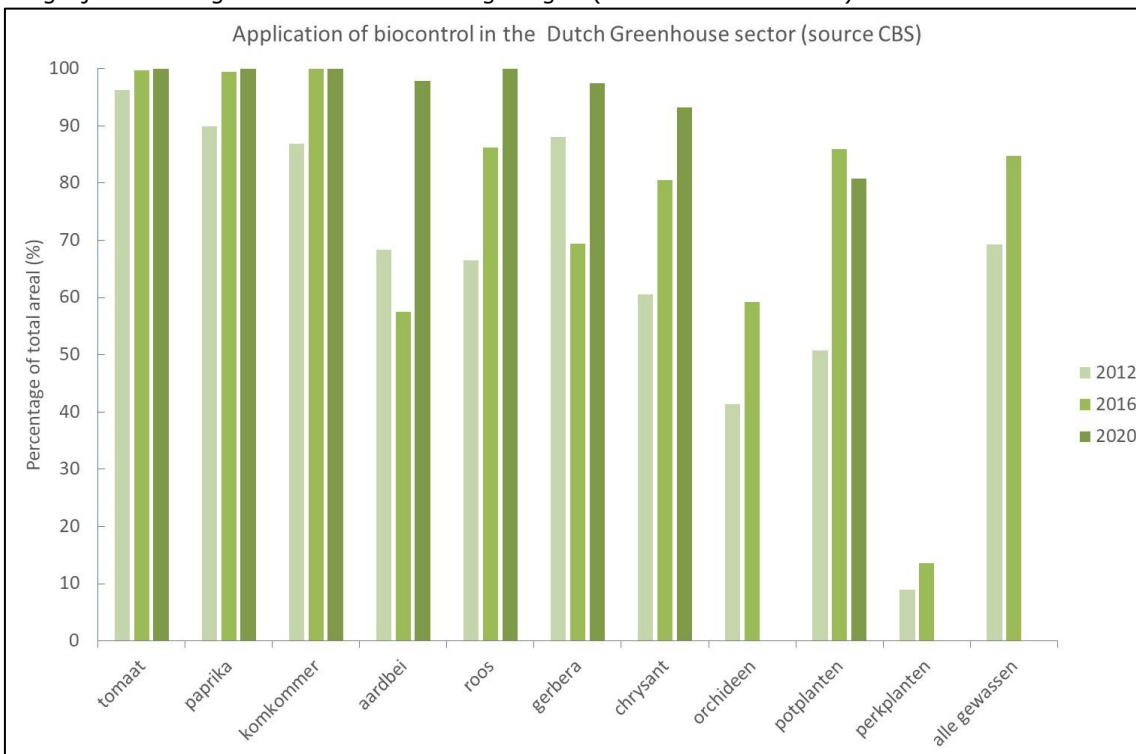
Het aantal toegelaten nuttige microbiële organismen in de glastuinbouw is daarom redelijk beperkt (EPRS, 2018). De meest bekende is *Bacillus thuringiensis* voor de bestrijding van rupsen. Daarnaast zijn er nog 5 isolaten van entomopathogene schimmels toegelaten, 2 maal een *Beauveria bassiana* en isolaten van *Isaria fumosorosea*, *Lecanicillium muscarium* en *Metarhizium brunneum* (Gonzalez et al. 2016). Het isolaat van *Metarhizium* heeft momenteel wel een toelating, maar wordt niet meer geproduceerd. Voor de bestrijding van schimmelziekten is een aantal *Bacillus* soorten op de markt (van Lenteren et al. 2018).

Inzet van nuttige organismen in de glastuinbouw is inmiddels breed ingeburgerd en wordt op grote schaal toegepast (Pilkington et al. 2010, Messelink and Kruidhof 2019). Uit recente gegevens van het CBS van 2020 komt een goed beeld naar voren van de algemene implementatie van biologische bestrijders in teelten. In dat jaar werd bij vruchtgroenten op 100% van het areaal biologische bestrijding toegepast (Figuur 6.1.2). Teelten als aardbei bleven in 2016 nog s iets achter, maar inmiddels wordt ook in deze teelt biologische bestrijding op 98% van het oppervlak gebruikt. Het totale areaal glastuinbouw waar biologische bestrijding werd toegepast in 2020 was 94% en zal sindsdien alleen maar verder zijn toegenomen. Alleen sommige sierteeltgewassen, zoals perkgoed, blijven wat achter.

Ondanks dit succesverhaal van biologische bestrijding is het pesticidegebruik nog aanzienlijk. Een belangrijke reden daarvoor zijn nieuwe invasieve plagen die bestaande succesvolle strategieën verstoren. Tomaat is de grootste teelt in de Nederlandse glastuinbouw en begin deze eeuw werd geconcludeerd dat een teelt zonder pesticiden in principe mogelijk is (van Lenteren 2000). Inmiddels is de situatie heel anders en worstelen telers met de bestrijding van nieuwe plagen zoals de tomatenroestmijt *Aculops lycopersici*, de tomatenmineermot *Tuta absoluta* en de omnivore wants *Nesidiocoris tenuis*. In paprika is er nog geen goede oplossing voor de invasieve stinkwants *Nezara viridula*, waardoor chemische correcties nodig zijn en het succesvolle biologische bestrijdingssysteem van trips verstoren. In de sierteelt is er een hele nieuwe reeks van invasieve tripsplagen bijgekomen, zoals de Japanse bloementrips *Thrips setosus* en de pepertrips *Thrips parvispinus*. Naast invasieve plagen zijn er ook meer problemen door het wegvallen van goed integreerbare systemische middelen voor bladluis. Ondanks de enorme lijst van beschikbare natuurlijke vijanden (Tabel 6.1.2), is deze plaag zeer lastig biologische te bestrijden. Dit geldt ook nog steeds voor een aantal andere plagen, zoals rupsen, behaarde wants en wol- en schildluis (Messelink 2014).

Om de nieuwe en bestaande plagen goed te kunnen bestrijden is het waarschijnlijk noodzakelijk om de diversiteit van natuurlijke vijanden in teelten verder te vergroten. Meerdere soorten kunnen elkaar op verschillende manieren aanvullen, bijvoorbeeld doordat ze verschillende stadia van plagen bestrijden, of doordat ze ruimtelijk en in de tijd elkaar aanvullen (Messelink 2021). Meer diversiteit van natuurlijke vijanden kan ook resulteren in robuustere systemen door meer "backups" van soorten die bestrijding van plagen kunnen opvangen wanneer andere soorten wegvallen door bijvoorbeeld een noodzakelijke bespuiting. Voor het in stand houden van meerdere soorten natuurlijke vijanden is het waarschijnlijk ook noodzakelijk om meer diversiteit van specifieke habitatten aan te brengen, die ook het aantal onderlinge versturende interacties zoals intraguild predatie kunnen reduceren (Janssen et al. 2007, Snyder 2019). Het langdurig in stand houden van een grote diversiteit van natuurlijke vijanden kan verder ondersteund worden met alternatief of additioneel voedsel, schuilplekken en bankerplanten (Huang et al. 2011, Messelink et al. 2014, Pijnakker et al. 2020). Dit geeft ook mogelijkheden voor een preventieve vestiging van natuurlijke vijanden, ook wel het "standing army" principe genoemd.

Naast de inzet van commercieel gekweekte natuurlijke vijanden zijn ook bestrijders die van nature voorkomen erg belangrijk en aanvullend op het pakket van uitgezette soorten. De verbinding van kasteelten met de biodiversiteit in de kasomgeving kan hier een belangrijke rol in spelen, waarbij de voordelen en de mogelijke risico's goed moeten worden afgewogen (Messelink et al. 2021).



Figuur 6.1.2 Percentages van het totale areaal waar biologische plaagbestrijding is toegepast (bron CBS 2020)⁶⁵. Voor orchideeën, potplanten en alle gewassen waren geen cijfers voor 2020 beschikbaar⁶⁶.

Er zijn veel voorbeelden bekend van succesvolle inzet van antagonistische bacteriën en/of schimmels (o.a. *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Streptomyces*, *Trichoderma*) in glastuinbouwpraktijk tegen verschillende ziekteveroorzakers zowel in bovengrondse plantendelen, zoals meeldauw, als tegen grondgebonden plantpathogene oomyceten, schimmels en aaltjes in de bodem of in groeimedia-. Een aantal van deze antagonistische micro-organismen zijn op dit moment commercieel beschikbaar als biofungiciden en worden ingezet in teelten onder glas. Voor een uitgebreide lijst van in Europa verkrijgbaar gewasbeschermingsmiddelen op basis van micro-organismen kan verwezen worden naar een in 2018 verschenen review-artikel van Van Lenteren et al. (2018) en de EU Pesticide Database. Vaak hebben deze biopesticiden brede werking tegen verschillende plantpathogenen, bijvoorbeeld tegen verschillende schimmels (als meeldauw, *Pythium*, *Fusarium*, *Rhizoctonia*). Deze producten zijn voorbeelden van de zogenaamde inundatieve/inoculatieve benadering in de biologische bestrijding van plantenziekten, die streeft naar populatieopbouw van antagonisten in substraat/bodem door inoculatie met grote aantallen antagonistische micro-organismen (Mazzola en Freilich, 2017). Terwijl biologische bestrijding van bijvoorbeeld meeldauw door bespuiting met biofungiciden steeds meer in de praktijk gebeurt met goede resultaten, worden biofungiciden nog relatief onderbenut als het gaat over biologische bestrijding van grond/groeiumedium gebonden ziekten. Effecten van biofungiciden op verschillende ziekten kunnen variëren tussen verschillende bodem en groeimedia-typen die gebruikt worden in de teelt. Niet alle micro-organismen uit biofungiciden zijn in staat zich te vestigen in bodems/groeimedia door uiteenlopende chemisch-fysisch en biologisch eigenschappen.

Samenvattend kunnen we stellen dat inzet van nuttige organismen in de Nederlandse glastuinbouw zeer succesvol en algemeen geïmplementeerd is, maar dat het areaal bestrijders verder aanvulling behoeft om systemen robuuster te maken en om oplossingen te bieden voor de bestrijding van invasieve en nog moeilijk te bestrijden plagen.

⁶⁵ <https://opendata.cbs.nl/#/CBS/nl/dataset/84008NED/table?ts=1649415403742> .

⁶⁶ Zie nieuwe cijfers 2020: <https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2022/29/biologische-bestrijding-op-95-procent-areaal-glastuinbouwgewassen>

Tabel 6.1.2 Lijst van 55 nuttige "macrobiols" (arthropode bestrijders en entomopathogene aaltjes) die momenteel worden ingezet in de Nederlandse glastuinbouw (bron Koppert, Biobest, Viridaxis en Entocare)

Soort	Type	Doelorganismen
<i>Crysoperla carnea</i>	gaasvlieg	bladluis
<i>Micromus angulatus</i>	gaasvlieg	bladluis
<i>Aphidoletes aphidimyza</i>	galmug	bladluis
<i>Adalia bipunctata</i>	roofkever	bladluis
<i>Propylaea quatuordecimpunctata</i>	roofkever	bladluis
<i>Aphelinus abdominalis</i>	sluipwesp	bladluis
<i>Aphidius colemani</i>	sluipwesp	bladluis
<i>Aphidius ervi</i>	sluipwesp	bladluis
<i>Ephedrus cerasicola</i>	sluipwesp	bladluis
<i>Praon volucre</i>	sluipwesp	bladluis
<i>Episyrphus balteatus</i>	zweefvlieg	bladluis
<i>Eupeodes corollae</i>	zweefvlieg	bladluis
<i>Sphaerophoria rueppellii</i>	zweefvlieg	bladluis
<i>Exochomus quadripustulatus</i>	roofkever	dopluis
<i>Coccophagus scutellaris</i>	sluipwesp	dopluis
<i>Metaphycus flavus</i>	sluipwesp	dopluis
<i>Microterys nietneri</i>	sluipwesp	dopluis
<i>Steinernema feltiae</i>	aaltje	rouwmuggen, trips
<i>Trichogramma achaeae</i>	sluipwesp	rupsen
<i>Trichogramma brassicae</i>	sluipwesp	rupsen
<i>Steinernema carpocapsae</i>	aaltje	rupsen, kevers
<i>Chilocorus nigritus</i>	roofkever	schildluis
<i>Rhyzobius lophanthae</i>	roofkever	schildluis
<i>Karnyothrips melaleucus</i>	rooftrips	schildluis
<i>Aphytis melinus</i>	sluipwesp	schildluis
<i>Encarsia citrina</i>	sluipwesp	schildluis
<i>Feltiella acarisuga</i>	galmug	spint
<i>Neoseiulus californicus</i>	roofmijt	spint
<i>Phytoseiulus persimilis</i>	roofmijt	spint
<i>Amblyseius andersoni</i>	roofmijt	spint, trips
<i>Trissolcus basalis</i>	sluipwesp	stinkwantsen
<i>Iphiseius degenerans</i>	roofmijt	trips
<i>Franklinothrips vespiformis</i>	rooftrips	trips
<i>Thripoctenus javae</i>	sluipwesp	trips
<i>Orius laevigatus</i>	roofwants	trips en diverse plagen
<i>Orius majusculus</i>	roofwants	trips, bladluis en diverse plagen
<i>Neoseiulus barkeri</i>	roofmijt	trips, mijten
<i>Neoseiulus cucumeris</i>	roofmijt	trips, mijten
<i>Macrocheles robustulus</i>	roofmijt	trips, rouwmuggen, Duponchelia
<i>Stratiolaelaps scimitus</i>	roofmijt	trips, rouwmuggen, Duponchelia
<i>Amblydromalus limonicus</i>	roofmijt	trips, wittevlieg, mijten
<i>Amblyseius swirskii</i>	roofmijt	trips, wittevlieg, mijten
<i>Transeius montdorensis</i>	roofmijt	trips, wittevlieg, mijten
<i>Delphastus catalinae</i>	roofkever	wittevlieg
<i>Encarsia formosa</i>	sluipwesp	wittevlieg
<i>Eretmocerus eremicus</i>	sluipwesp	wittevlieg

Soort	Type	Doelorganismen
<i>Macrolophus pygmaeus</i>	roofwants	wittevlieg, bladluis, trips, mijten, rupsen
<i>Cryptolaemus montrouzieri</i>	roofkever	wolluis
<i>Acerophagus maculipennis</i>	sluipwesp	wolluis
<i>Anagyrus fusciventris</i>	sluipwesp	wolluis
<i>Anagyrus pseudococci</i>	sluipwesp	wolluis
<i>Cryptanusia aureiscutellum</i>	sluipwesp	wolluis
<i>Leptomastidea abnormis</i>	sluipwesp	wolluis
<i>Leptomastix dactylopii</i>	sluipwesp	wolluis
<i>Leptomastix epona</i>	sluipwesp	wolluis

6.1.6 Geïnduceerde weerbaarheid

In de glastuinbouw wordt op de volgende terreinen gewerkt aan geïnduceerde plantweerbaarheid:

- Identificatie van morfologische en chemische kenmerken van weerbaarheid. Morfologische kenmerken zoals de epidermale waslaag op bladeren zijn effectief tegen meeldauwinfecties. Bespuitingen met een fijne waslaag als ook de behandeling met UV-B kan de waslaag versterken en de meeldauw-infectie tegengaan. De chemische kenmerken van weerbaarheid kunnen opgespoord worden met behulp van metabolomics. Hiermee kunnen de inhoudsstoffen van de plant bepaald worden. In gerbera zijn bijvoorbeeld vier gerberine-achtige stoffen gevonden die aan weerbaarheid tegen meeldauw gerelateerd zijn (Mascellani et al. 2022) Op basis van deze stoffen is een model gemaakt dat weerbaarheid tegen meeldauw kan voorspellen. Dit model kan in de veredeling worden ingezet om tot weerbaardere rassen te komen. Een soortgelijke aanpak wordt gebruikt voor de identificatie van inhoudsstoffen in Pelargonium tegen rupsen. Ook gaat deze aanpak ingezet worden in het onderzoek naar de weerbaarheid van bollen tegen zuur, vuur en luizen in de teelt en bewaring.
- Ontwikkeling groene gewasbeschermingsmiddelen. Inhoudsstoffen die aan weerbaarheid gerelateerd zijn kunnen in de ontwikkeling van groene gewasbeschermingsmiddelen en zaadcoatings ingezet worden. Flavonoïde, die als actieve stoffen tegen trips in een siergewas geïdentificeerd zijn, zijn bijvoorbeeld onderzocht als kandidaat voor de ontwikkeling van een groen gewasbeschermingsmiddel.
- Gerichte sturing van weerbaarheidskenmerken die geïnduceerd kunnen worden. Weerbaarheid kan geïnduceerd worden door stoffen die de activiteit van jasmon- of salicylzuur nabootsen (elicitors) en daarmee de plantafweer aanschakelen. De inzet van een driewekelijkse behandeling met methyljasmonaat tegen plagen, naast biologische bestrijding, was in de opkweek en productie van aardbei voldoende voor een teeltcyclus zonder gewasbeschermingsmiddelen (Mouden et al. 2021). Er waren geen negatieve effecten op de opbrengst of vruchtkwaliteit. Momenteel is er nog geen commercieel product beschikbaar dat de activiteit van jasmonzuur kan nabootsen. Experimenten met middelen die een veelbelovende activiteit lijken te hebben zijn onderweg. Daarentegen zijn er wel commerciële producten beschikbaar die de salicylzuurroute nabootsen. Sommige hiervan zoals Inssimo en Vacciplant blijken de weerbaarheid tegen meeldauw in gerbera, kalaënchoe, paprika en roos goed te kunnen induceren. Ook micro-organismen (microbioom) kunnen deze afweerroute aanzetten. Helaas is nog niet bekend hoe deze verder op inhoudsstoffen in een plant en daarmee op weerbaarheid werken. Andersom kunnen verandering in inhoudsstoffen ook effect op het microbioom hebben. De wisselwerking tussen inhoudsstoffen en microbioom op de sturing van weerbaarheid wordt onderzocht (PPS Plantweerbaarheid) door toediening van verschillende elicitors en micro-organismen in tomaat (glastuinbouw) en aardappel (akkerbouw). Terwijl steeds meer informatie over het gebruik van elicitors en micro-organismen voor de inductie van weerbaarheid beschikbaar komt ontbreekt vaak kennis van het achterliggende mechanisme wat belangrijk is om de opgedane kennis in alle teeltfasen te kunnen gebruiken voor een sturing van weerbaarheid. In drie pilotgewassen (komkommer, kalanchoë en chrysanthe) wordt gekeken wat het mechanisme van weerbaarheid tegen luizen, trips en Phytium is en hoe je weerbaarheid in jonge en oude planten of jonge en oude plantdelen kan sturen.
- Naast elicitors en micro-organismen kan weerbaarheid ook door fysische factoren geïnduceerd worden. LED-belichting wordt in de glastuinbouw steeds belangrijker omdat hiermee energie bespaart kan worden maar ook omdat plantengroei en productie gericht gestuurd kunnen worden. Naast plantengroei kan ook weerbaarheid met LED gestuurd worden.

-
- In verschillende vruchtgroenten (aubergine, tomaat) als ook siergewassen (chrysanthe, fresia) wordt gekeken hoe LEDspectra, die groei en productie stimuleren, ook weerbaarheid tegen ziekten en plagen door inductie van inhoudsstoffen kunnen bevorderen (Dieleman et al, 2021a, b); Naast belichting is bemesting een belangrijke factor in de teelt die ook de weerbaarheid kan ondersteunen (Mouden et al. 2022a). In de trend van energiebesparing en vermindering van de milieubelasting wordt ooral naar vermindering van stikstofbemesting gekeken. Voor vruchtgroenten (komkommer, paprika) en bloemgewassen (gerbera, chrysanthe) wordt vastgesteld wat het nodige minimum aan stikstof (N) bemesting is om een acceptabel productie en een weerbaar gewas te hebben). In het algemeen lijkt het dat plagen zoals trips en necrotrofe schimmels bij hogere N-bemesting toenemen terwijl biotrofe schimmels juist verminderen. Minder bemesting zou de inductie van weerbaarheid kunnen verminderen. Dit lijkt inderdaad zo te zijn voor biotrofe schimmels maar niet voor necrotrofe schimmels.

Geïnduceerde weerbaarheid wordt een steeds belangrijker onderwerp in IPM programma's. In de praktijk worden vooral middelen toegepast welke de werking van salicylzuur nabootsten, dit kunnen chemische elicitoren zijn (Fado, Inssimo, Vacciplant) als ook micro-organismen (Taegro, Serenade). Helaas zijn er momenteel geen middelen beschikbaar welke jasmonzuur kunnen nabootsen. Terwijl resistente tegen ziekten en plagen in de veredeling steeds belangrijker worden en meer en meer in de praktijk gebruikt worden is er heel weinig bekend over het vermogen van weerbaarheid van verschillende rassen. Een ander leemte voor de praktijk blijft het meten van plantweerbaarheid. Tot nu toe kan geïnduceerde weerbaarheid alleen indirect vastgesteld worden door het meten van plantenhormonen, morfologische kenmerken, plantinhoudstoffen of activiteit van genen die aan deze kenmerken verbonden zijn. Ook bio-toetsen met plagen en schimmels worden ingezet. Dit zijn methoden die voor onderzoek goed te gebruiken zijn, maar voor de praktijk ontbreekt een praktisch meetsysteem voor geïnduceerde plantweerbaarheid met bijbehorende referentieniveaus om de gemeten waarden te interpreteren.

6.1.7 Data gedreven landbouw/precisielandbouw

In de tuinbouw wordt traditioneel veel gebruik gemaakt van data in het management van de teelt. Zo wordt het klimaat automatisch geregistreerd en heeft de teler goed inzicht in de nutriëntenopname en het watergebruik. Het voorkomen van ziekten en plagen wordt gemonitord (scouten) met behulp van signaalplaten, lokvallen, sporen en vanglampen. Daarnaast kunnen monsters van het drainwater, plantmateriaal en bodemonsters geanalyseerd worden op de aanwezigheid van ziekten en plagen. Naast de traditionele detectiemethoden komen er steeds meer moderne detectiemethoden op de markt (zie 6.7.2). Al langere tijd wordt gewerkt aan visie technieken die het scouten kunnen ondersteunen en op termijn misschien zelfs vervangen. De eerste versies van apparatuur die vangplaten kan uitlezen zijn inmiddels op de markt. Met geavanceerde camerasystemen en geautomatiseerde beeldanalyse wordt steeds nauwkeuriger apparatuur ontwikkeld, waarbij ook aantastingen in het gewas tot de mogelijkheden gaan behoren. Met behulp van camerasystemen die gebruik maken van fluorescentie en spectrum analyse kunnen planten snel onderzocht worden op afwijkingen als gevolg van de aanwezigheid van ziekteverwekkers of door abiotische stressfactoren.

6.2 Bloembollenteelt

Dit hoofdstuk geeft voor de bloembollenteelt een overzicht van de stand van zaken van de typerende ontwikkelingen t.a.v. weerbare teeltsystemen die de afhankelijkheid van gewasbeschermingsmiddelen helpen verkleinen. Uiteraard is het niet mogelijk om een compleet beeld van de bloembollensector te schetsen vanwege de diversiteit in gewassen, teelt locaties en bedrijven. Dit hoofdstuk dient om de algemene en typerende tendens duidelijk te maken en kan verschillen met wat er op specifieke bedrijven plaatsvindt.

De bloembollenteelt is de teelt die zich bezighoudt met de teelt van bol- en knolgewassen. Nederland is wereldwijd marktleider en meer dan 60% van alle bloembollen in de wereld komen uit Nederland (KAVB, 2020). De bloembollensector omvat onder andere de bollenteelt maar ook de broeierij (bloemeteelt) van bolgewassen. Dit zijn twee verschillende teelten met hun eigen uitdagingen en eigenschappen. De broeierij vindt grotendeels plaats onder glas en heeft grote gelijkenis met andere glastuinbouw teelten en komt daarom minder aan de orde in dit hoofdstuk wat gericht is op de bloembollenteelt.

In de Nederlandse bloembollenteelt zijn ruim 1.500 bedrijven actief die op een oppervlakte van 27.000 hectare bollen telen (CBS, 2021). De meest geteelde bol- en knolgewassen in Nederland zijn: tulpen (14.450 ha), lelies (5.810 ha), hyacinten (1.450 ha), narcissen (1.480 ha), gladiolen (890 ha), Zantedeschia's (390 ha) en dahlia's (390 ha) (CBS, 2021). Hiernaast wordt nog een groot scala aan bijzondere bolgewassen geteeld. Provincies waar veel bollen geteeld worden zijn: Noord-Holland, Zuid-Holland, Flevoland, Drenthe, Noord-Brabant en Limburg (CBS, 2021). Per regio en grondsoort verschilt het sterk welk gewas er geteeld kan worden. Zo worden bijvoorbeeld tulpen en hyacinten veel geteeld in Noord-Holland, Zuid-Holland en Flevoland, terwijl lelies voornamelijk in Drenthe, Noord-Holland, Overijssel en Limburg geteeld worden.

De teelt van de meeste bolgewassen gaat uit van een circulaire teelt. Dit houdt in dat uitgangsmateriaal (plantmateriaal) verkregen wordt uit de eigen teelt. Uit een geteelde partij wordt een deel van de leverbare bollen verkocht, de overige leverbare bollen en het plantgoed worden het daaropvolgende jaar weer geteeld tot nieuwe leverbare bollen enz. Deze manier van telen brengt het risico met zich mee dat een aantal ziekten en plagen zoals virussen en Fusarium zich standhouden en opbouwen in een partij.

Een belangrijk aspect van de bloembollenteelt is dat veel bollen bestemd zijn voor de export naar derde landen. In 2018 had de export van bloembollen een waarde van ten minste 830 miljoen euro (Jukema, Verhoog, & Dolman, 2020). Aan deze export worden vaak strenge fytosanitaire eisen gesteld, zo is bijvoorbeeld in hyacinten voor de export naar Japan maximaal 1% Hyacintenmozaïekvirus toegestaan (BKD, 2021; NVWA, 2022). Soortgelijke eisen komen bij veel bloembollen voor naar meerdere landen. Hierdoor is het voor veel bollentelers erg belangrijk om ziektevrije partijen te telen. Dit resulteert in strenge selectie in het veld en de schuur maar ook in preventieve ziekte- en plaagbestrijding.

Tussen de teelt van verschillende bolgewassen zijn veel overeenkomsten, echter zijn er ook grote verschillen. Zo zijn tulpen, hyacinten en narcissen voorjaarsbloeiers en zijn lelies, Zantedeschia's, dahlia's en gladiolen zomerbloeiers. Deze worden in een ander seizoen geteeld en hebben hierdoor andere teeltaspecten. Per gewas verschilt ook de wijze van vermeerdering en de snelheid hiervan. Bij lelies en hyacinten is het door middel van bepaalde handelingen in de verwerking mogelijk om van grote bollen, veel kleine bollen (plantgoed) te krijgen. Deze kleine bollen dienen 2-3 jaar geteeld te worden tot leverbare bollen. In tulpen is dit niet het geval maar zijn ieder jaar slechts een paar plantgoedbollen te verkrijgen van een moederbol.

Vanwege deze trage vermeerdering en teelt duurt niet alleen de veredeling lang maar levert het ook uitdagingen voor het onderzoek. Naast dat je maar één teelt per jaar kan uitvoeren dient altijd rekening gehouden te worden met oorsprong van het materiaal, leeftijd en bewaring en hoe dit het onderzoek beïnvloed. In sommige gevallen dienen bollen meerdere jaren geteeld te worden met een bepaalde behandeling voordat de desbetreffende proef uitgevoerd kan worden.

Vanwege de diversiteit in soorten en cultivars is de bollenteelt een specialistische teelt. Verschillende soorten bedrijven komen voor in de bollenteelt (Hulst & Goodijk, 2021). Sommige bedrijven zijn volledig gefocust op één gewas (bijv. tulpen of lelies), een combinatie van gewassen, of ze telen bloembollen mee in een akkerbouwrotatie. Hiernaast komen bedrijven gespecialiseerd in de bollenteelt, broeierij of een combinatie voor.

De teelt van bloembollen is een arbeids- en kennisintensieve teelt. Veel werkzaamheden tijdens het planten, de teelt, het rooien en de verwerking vergen arbeid (Hulst & Goodijk, 2021; KAVB, 2020). Door het seizoensgebonden karakter van de arbeid worden hiervoor vaak (buitenlandse) seizoenarbeiders ingezet. De beschikbaarheid van goed en voldoende personeel was de laatste jaren een steeds grotere uitdagingen. Specialisten zijn hiernaast ook nodig met verstand van het gewas en de teelt. Voldoende gekwalificeerd personeel vinden is een uitdaging in de sector. De sector is actief bezig met het automatiseren van steeds meer handelingen tijdens de teelt en verwerking, echter zijn hier nog veel uitdagingen.

De sector heeft voor 2030 een visie-document opgesteld met als doel voor de sector om voorop te lopen op het gebied van kwaliteit, duurzaamheid en bij te dragen aan een gezonde leefomgeving⁶⁷ (Vitale Teelt 2030, 2018). De drie pijlers om dit te bereiken zijn: weerbaarheid, innovatie en natuurlijk kapitaal.

⁶⁷ <https://vitaleteelt.nl/>, geraadpleegd op: 22-02-2022

Weerbaarheid gaat hier uit van een gezonde bodem, sterke bollen en groene hulpmiddelen. Voor een weerbare bodem is duurzaam bodembeheer nodig met oog voor o.a. bodemweerbaarheid, bodemvruchtbaarheid, groenbemesters, grondbewerking en organische stof (Vitale Teelt 2030, 2018). Sterke bollen gaat over het ondersteunen van de bol met waar mogelijk plantversterkers of biostimulanten. Naast een weerbaar systeem hebben de telers een gereedschapskist nodig met effectieve hulpmiddelen en maatregelen om in te grijpen, indien nodig. Hiervoor wordt ingezet op biologische bestrijders, mechanische bestrijding, laag risico gewasbeschermingsmiddelen maar ook waarschuwings- en monitoringssystemen en selectieprocedures (ziekzoeken). Deze drie aspecten van weerbaarheid zullen nodig zijn om een weerbare bol te telen.

Innovatie richt zich op een systeemsprong in de teelt, energieneutraal telen en precisietechnieken (Vitale Teelt 2030, 2018). De systeemsprong houdt in dat niet meer circulair maar in een éénrichtingssysteem wordt geteeld, waarbij een deel van de teelt onder beschermde condities plaatsvindt waardoor ziekten en plagen buiten de deur gehouden worden en er per saldo minder gewasbeschermingsmiddelen nodig zijn. Hiervoor is fundamentele kennis, praktische kennis en implementatie van onderzoeken nodig. Energieneutraal telen richt zich op efficiënter energiegebruik in de verwerking van bollen. De precisietechnieken hebben tot doel om nauwkeuriger, meer datagestuurd en autonoom bollen te telen en te verwerken. Hierdoor wordt de teelt efficiënter, duurzamer en minder arbeidsintensief.

Natuurlijk kapitaal omvat samen leven, zorg voor de omgeving en ecosysteemdiensten (Vitale Teelt 2030, 2018). "Samen leven" zet in op het ontwikkelen van handvatten voor ondernemers om de bollenvelden nog aantrekkelijker te maken voor (bollen)vogels en insecten. "Zorg voor de omgeving" heeft als doel om emissie en uitspoeling van het perceel te verminderen. Binnen ecosysteemdiensten ligt de focus op het ontwikkelen en stimuleren van maatregelen om effectief gebruik te kunnen maken van natuurlijke vijanden, om een bijdrage aan klimaatadaptatie te leveren of om koolstof vast te leggen in de bodem.

Dit visiedocument laat duidelijk zien dat de bloembollensector bereid is om te investeren en te innoveren in een toekomstbestendige, rendabele, duurzame teelt. Niettemin zijn er nog veel uitdagingen voordat dit allemaal behaald kan worden. Hiernaast is de bollensector een relatief kleine sector en daarmee een kleine markt voor bijvoorbeeld ontwikkelaars van specialistische technieken, die daardoor terughoudend kunnen zijn met investeren. Desalniettemin kan er ook samengewerkt en geleerd worden van andere sectoren zoals oa. strokenteelt en precisietechnieken in de akkerbouw. Hierbij is het belangrijk dat de diversiteit en specifieke aspecten van de bollenteelt belicht blijven. Een aantal problemen gerelateerd aan de teelt en ziekten zal de sector voornamelijk zelf moeten aanpakken omdat deze specifiek op de bollenteelt gericht zijn.

Tabel 6.2.1 Huidige onderzoeksprojecten in de bloembollensector.

Project	Uitvoering	Onderwerp
Living Lab B7	NIOO	Biodiversiteit
Samen naar een circulaire Bollenstreek	Naturalis	Biodiversiteit
Bollen @ bodem & aaltjes	WUR	Bodem weerbaarheid
Weerbare Bol	WUR	Geïnduceerde weerbaarheid
Duurzame teelt van tulp en bijgoed	Consortium	UP GWB2030 LNV / Praktijkprogramma Weerbare Teelten
Pilot Duurzame bollenteelt Drenthe	Consortium	UP GWB2030 LNV / Praktijkprogramma Weerbare Teelten
Effector proteins of Botrytis elliptica as tool for resistance breeding in lily against fire blight disease	WUR	Robuuste rassen
Fijnkartering tulp resistenties en ontwikkeling nieuwe veredelingsmethoden	WUR	Robuuste rassen
Weerbare Lelies	HLB	Robuuste rassen
Bollenrevolutie 4.0	WUR	Techniek
Bollencoaster	WUR	Teeltsysteem
Fundamentele Systemsprong	WUR	Teeltsysteem
POP 3 Vitale Teelt Hyacint	WUR	Teeltsysteem
Vitale Teelt Lelie	WUR	Teeltsysteem
Bolontsmetting	Verify	Verminderde afhankelijkheid chemische middelen
Duurzame beheersing Onkruid	Verify	Verminderde afhankelijkheid chemische middelen
FAB+	WUR	Verminderde afhankelijkheid chemische middelen
Toekomst met virusvrije bloembollen	WUR & Verify	Verminderde afhankelijkheid chemische middelen
Verduurzaming bollenteelt Drentsche Aa	CLM & HLB	Verminderde afhankelijkheid chemische middelen
De Groene Tulp	Verify	Verminderde afhankelijkheid chemische middelen / systeemaanpak

6.2.1 Weerbare teeltconcepten, incl. verbinden landbouw en natuur

In de bollenteelt wordt er vanuit kwekers, onderzoek en adviseurs gekeken naar weerbare teeltconcepten en de verbinding tussen landbouw en natuur. Vanuit bijeenkomsten georganiseerd in het najaar van 2021 is naar voren gekomen dat voor de verbinding van de landbouw en natuur niet alleen de focus moet liggen op het telersperspectief maar ook op 'buurpartijen' zoals: andere telers, terreinbeheerders, waterschappen, Rijkswaterstaat, ProRail en gemeenten. Geïntegreerde maatregelen hebben naar verwachting betere resultaten dan een individuele aanpak. In dit rapport zal echter voornamelijk ingegaan worden op de stand van zaken, uitdagingen en ontbrekende kennis vanuit teeltperspectief. Voor een bredere inventarisatie wordt verwezen naar de lopende projecten 'Samen naar een circulaire Bollenstreek'⁶⁸ en 'Inventarisatie land- en tuinbouw en natuur verbindende maatregelen'⁶⁹ (Biesmeijer & Schoonman, 2021; Harmsel 2022).

Het belang van weerbare teeltsystemen wordt gezien en erkent door de sector. In het visiedocument van de sector "Vitale Teelt 2030", wordt weerbaarheid als één van de drie pijlers gezien om aan een duurzame toekomst voor de bollensector bij te dragen (Vitale Teelt 2030, 2018). De combinatie tussen een kwalitatief hoogwaardig product en duurzaamheid staan hierbij centraal. Om een weerbare teelt te realiseren wordt er ingezet op het delen van bestaande kennis en het ontwikkelen van nieuwe kennis.

Daar waar mogelijk worden er in de bollenteelt weerbare teeltconcepten ingezet en de verbinding met de natuur gezocht. Laag-ricicostoffen worden toegepast waar mogelijk. Een (ruime) gewasrotatie en de teelt van Tagetes tegen aaltjes worden ingezet.

⁶⁸ <https://www.naturalis.nl/wetenschap/bloeiende-bollenstreek>, geraadpleegd op: 22-02-2022.

⁶⁹ <https://research.wur.nl/en/projects/addinventarisatie-land-en-tuinbouw-en-natuur-verbindende-maatrege>, geraadpleegd op: 22-02-2022

Bollenvogels (veldleeuwerik, gele kwikstaart, scholekster, patrijs en kievit) gedijen door inzet van telers goed in het bollenlandschap (ANLV Geestgronden, 2018, 2021). Door de beschutting die het gewas in het voorjaar geeft, hebben de vogels een rustige plek. Desalniettemin, heeft de patrijs het soms lastig; hoe deze vogel te ondersteunen is, wordt onderzocht.

Binnen het uitvoeringsprogramma Drentsche Aa wordt er gewerkt aan het voorkomen van vervuiling van de Aa, een belangrijke rivier voor drinkwater winning. Als één van 11 projecten binnen het UPDA loop het project 'Verduurzaming bollenteelt Drentsche Aa' waarin lelietelers werken aan schoonwaterprojecten om uitspoeling naar de Aa te verminderen⁷⁰ (Gooijer, Saathof, & Knippels, 2019). Hier wordt aan gewerkt door middel van bewustwording, alternatieve gewasbeschermingsmiddelen en teelthandelingen. Het project heeft tot dusver geleid tot een sterke vermindering van uitspoeling van gewasbeschermingsmiddelen en nog maar enkele normoverschrijdingen per jaar (2019, 0 overschrijdingen; 2020, 2 overschrijdingen) (Wijk, 2021b). Maatregelen uit dit project worden inmiddels ook buiten het stroomgebied van de Drentse Aa toegepast.

Bij veel weerbare teeltconcepten draait het om schade door ziekten en plagen onder een bepaalde drempelwaarde te houden (Allema et al., 2020; Wageningen University & Research Business Unit Open Teelten, 2021). Vanwege strenge fytosanitaire eisen is de drempelwaarde voor virus in sommige bolgewassen 0%. Hierdoor zijn de belangen groot omdat de opbrengst per hectare om duizenden euro's gaat.

Een kleine besmetting heeft daardoor zeer grote financiële consequenties. Een weerbaar teeltconcept dat niet net zo betrouwbaar is als de huidige werkwijze wordt hierdoor niet snel geïmplementeerd in de bollenteelt.

Akkerranden of bloemenstroken worden niet/zelden toegepast in de bloembollenteelt. Akkerranden zijn er onder andere op gericht om de insectendruk te verlagen door natuurlijke vijanden een overlevingsplek te geven of door natuurlijke vijanden naar het perceel te lokken (Allema et al., 2020). In de bollenteelt is niet de vraatschade van insecten zelf het probleem maar de virussen die insecten kunnen overdragen tijdens het voeden. Het effect van akkerranden op het voorkomen van virusverspreiding door insecten is nog niet bewezen en vraagt nog verder onderzoek (Allema et al., 2020).

Een bijkomende uitdaging in de voorjaarsbloeiende bollen is het vroege teeltseizoen. Veel onderzoek aan akkerranden wordt in de akkerbouw uitgevoerd waar de teelt vaak aan het eind van de lente en zomer plaatsvindt. Resultaten uit de akkerbouw moeten vertaald worden naar het vroege teeltseizoen dat veel bloembollengewassen kenmerkt (oktober – juli). Kennisvragen die hierbij horen zijn bijvoorbeeld: welke akkerranden zijn geschikt om al vroeg in het seizoen natuurlijke vijanden te lokken en wanneer moeten deze worden ingezaaid? Is de effectiviteit van natuurlijke vijanden in het voorjaar met lagere temperaturen hetzelfde als in de zomer? De aanleg van vaste akkerranden zal in verband met de gewasrotatie op bezwaren stuiten. Ook speelt voor telers vaak de vraag of akkerranden niet een bron van virussen en plaaginsecten zijn.

Een project dat een eerste aanzet geeft om Functionele Agrobiodiversiteit (FAB) toe te passen in de bloembollenteelt is de lopende PPS FAB+ van WUR Open Teelten⁷¹ (Huiting, 2021). In het werkpakket gericht op de lelieteelt wordt onderzocht of met behulp van akkerranden en bloemstroken rondom en in het perceel de virusverspreiding verminderd kan worden. In het FAB+ project wordt niet alleen gekeken naar het lokken en faciliteren van natuurlijke bestrijders maar vooral ook of het mogelijk is om met een bepaald kruidenmengsel virus verspreidende luizen de akkerrand in te lokken. Hier kunnen de luizen uitgeschakeld worden door natuurlijke vijanden voordat ze virus hebben kunnen oplopen en verspreiden in het perceel. Dit project zal geen kant en klaar systeem opleveren maar is een eerste stap om de mogelijkheid van akkerranden in de lelieteelt, en de bollenteelt in het algemeen, te onderzoeken. Belangrijke kennisvragen die na dit project zullen blijven bestaan zijn onder andere: zijn akkerranden effectief tegen virusverspreiding, wat is het beste kruidenmengsel, werken akkerranden ook in andere (bollen)telten tegen virusverspreiding, zaait het kruidenmengsel niet uit in het perceel als onkruid in een vervolgteelt?

⁷⁰ <https://www.drentscheaa.nl/@124975/bollentelers/>, geraadpleegd op: 24-02-2022.

⁷¹ <https://www.bo-akkerbouw.nl/kennis-en-innovatie/pps-fab>, geraadpleegd op: 22-02-2022.

De aanzet om de lelieteelt mee te nemen in de PPS FAB+ is actief vanuit een lelieteler gekomen en laat duidelijk zien deze ondernemer actief bezig is met het terugdringen van het gebruik van insecticiden en het verbinden van natuur en landbouw in de bloembollenteelt.

Meerdere projecten lopen momenteel om de natuur en bloembollenteelt met elkaar te verbinden op regio-schaal. Een recent gestart project is het project 'Samen naar een circulaire Bollenstreek' van Naturalis Biodiversity Centre ⁷²(Biesmeijer & Schoonman, 2021). Binnen dit project werken ondernemers, bedrijven, lokale overheden en kennispartijen samen om bij te dragen aan een winstgevende, natuur-inclusieve bollenteelt. Hierin ligt de focus op de bollenstreek rondom Lisse. Voor dit project wordt er met meerdere partners en ondernemers uit de regio samengewerkt. De onderzoeksvragen worden samen met deze partners en ondernemers ontwikkeld. Er wordt onderzoek gedaan naar de mogelijkheden van een Biodiversiteitsmonitor voor de bollenstreek. Een ander onderwerp is de inventarisatie van de rollen die verschillende partijen in de bollenstreek kunnen spelen in een circulaire bollenteelt. Hierbij draait het niet alleen om de bollentelers maar ook overheden, terreinbeheerders en Rijkswaterstaat. Het laatste doel is een beslistool te ontwikkelen om een gebiedsaanpak te bevorderen. Het draait om een geïntegreerde aanpak met alle betrokkenen.

Een ander project naar een weerbare bollenteelt is "Duurzame teelt van tulp en bijgoed". Dit project is onderdeel van het uitvoeringsprogramma weerbare teelten en voortgekomen uit de toekomstvisie Gewasbeschermingsmiddelen van LNV. Dit is een driejarig project waarin op 4 pilotbedrijven (2 conventioneel en 2 biologisch) een teeltsysteem wordt ontwikkeld om minder afhankelijk te zijn van gangbare gewasbeschermingsmiddelen ⁷³(Greenity 95, 2021a; LTO, 2022). Tevens wordt gewerkt aan optimalisatie van de biologische teelt van bloembollen. Bouwstenen voor dit teeltsysteem zijn afkomstig uit voorgaande onderzoeken en PPS'en en zijn tot nu toe voornamelijk op proefvelden getest.

Belangrijke aspecten zijn het implementeren op praktijkschaal en de integratie van maatregelen op bedrijfsniveau en dus op meerdere gewassen. Maatregelen in het ene gewas kunnen effecten hebben op de teelt van het andere gewas. Deze effecten (positief of negatief) zullen moeten blijken uit dit project. Informatie welke maatregelen wel en welke niet werken voor deze pilotbedrijven zal verspreid moeten worden naar de sector en individuele telers moeten er mee aan de slag kunnen.

6.2.2 Weerbare bodem, andere groeimedia en bemesting

Bollenteelt vindt plaats in de volle grond. De meeste bollen worden op zandgronden geteeld maar sommige bolgewassen zoals tulpen zijn ook goed te telen op kleigrond. De bodem is zowel de basis voor een goede bollenteelt als ook de oorzaak van een aantal belangrijke ziektes in de bollenteelt. Vanwege een aantal bodemziektes (onder andere *Fusarium*, *Pythium* en *Rhizoctonia*) wordt een ruime vruchtwisseling aangehouden. Een vruchtwisseling van 1:5 of 1:6 is gebruikelijk voor een groot aantal bolgewassen. Als een perceel ernstig besmet is met bijvoorbeeld *Fusarium oxysporum* f.sp. *lilii* is het niet mogelijk om er de komende 20 jaar gezonde leliebollen te telen. Soortgelijke specifieke pathogeen-plant relaties komen ook bij andere bollen voor. Vanwege grote druk op de beschikbare grond is een ruime vruchtwisseling niet altijd haalbaar met alle gevolgen van dien.

Een veel voorkomende manier om een ruimere vruchtwisseling aan te houden is de teelt op 'verse' grond. Dit is grond waar in het verleden nog nooit of zelden bollen geteeld zijn. Deze grond ligt vaak verder weg bij het bedrijf en in regio's die van oorsprong geen bollenteelt kennen zoals Drenthe en Limburg. Doordat steeds op (nieuwe) huurpercelen geteeld wordt, is het concept van de 'reizende bollenkramen' ontstaan. Reizende bollenkramen bevorderen een ruime vruchtwisseling, echter door de teelt op vaak kortstondige huurpercelen is het lastig/niet mogelijk om te investeren in het verbeteren van de bodemkwaliteit en bodemweerbaarheid, met de daarbij horende nadelen.

Naast de telers met een reizende bollenkraam hebben veel telers eigen grond in beheer of een combinatie tussen teelt op eigen percelen en huurpercelen.

⁷² <https://www.naturalis.nl/wetenschap/bloeiende-bollenstreek>, geraadpleegd op: 22-02-2022.

⁷³ <https://www.lto.nl/de-teler-centraal-bij-het-ontwikkelen-van-weerbaar-telen-in-praktijkprogramma/>, geraadpleegd op: 22-02-2022

Ook komen langdurige huurcontracten of een gewasrotatie met een andere agrariër voor. In deze gevallen is langdurig bodemmanagement beter mogelijk en is meer resultaat hierop te behalen. Bollentelers investeren zeker in hun bodemvruchtbaarheid, -structuur en -weerbaarheid. Organische stof is een belangrijk aspect in bodembeheer. Het opbrengen van dierlijke mest is een veel voorkomende handeling in perceelonderhoud. Echter is het in verband met de mestwetgeving in veel gevallen niet mogelijk om voldoende organische stof in de vorm van dierlijke mest op te brengen om te compenseren voor de natuurlijke afbraak van organische stof (Braakman, 2021; Greenity 97, 2021b). Hierdoor neemt netto het organische stof gehalte in de bodem af wat nadelige effecten heeft. Het toepassen van voldoende mineraal arme organische stoffen zoals compost om het organisch stof gehalte op peil te houden valt vaak niet mee.

Om de afname van organische stof tegen te gaan kunnen telers groenbemesters inzaaien als tussenteelt, deze kunnen ook dienen voor het verbeteren van de bodemstructuur, verminderen van mineraaluitspoeling en biologische bestrijding van aaltjes. Vanwege deze redenen is dit een steeds meer voorkomende handeling. Om goed effect te hebben van groenbemesters vergt deze teelt de nodige aandacht en dient behandeld te worden als een volwaardige teelt. Onderzoek van Delphy en WUR heeft laten zien dat met de juiste teelthandelingen het organische stof gehalte op peil te houden is en dat groenbemesters hier een belangrijk onderdeel van zijn (Braakman, 2021; Wesselink & Haan, 2018).

Uitdagingen omtrent groenbemesters zijn er zeker. Een belangrijke vraag is: wat de beste groenbemester is onder welke omstandigheden.

Hier is geen eenduidig antwoord op mogelijk omdat er veel verschillende factoren meespelen. Factoren waar aan gedacht moet worden zijn: bodemtype, aanwezigheid van nematoden, schimmels, nateelt, gewenst effect. Mengsels van groenbemesters kunnen een beter effect op de bodemstructuur hebben dan een enkele groenbemester.

Echter (voornamelijk op duinzandgrond) zorgt een mengsel van groenbemesters voor de vermeerdering van plantpathogene aaltjes, wat negatieve effecten in een vervolgteelt heeft (Leeuwen-Haagsma, Hoek, H. Molendijk, et al., 2019; Leeuwen-Haagsma, Hoek, et al., 2019b; Persoonlijke communicatie A. Conijn, teeltadviseur lolie; Persoonlijke communicatie Michel Jansen, projectleider Vertify). Hierdoor kan het beter zijn om een enkele groenbemester te zaaien.

Welke groenbemester het beste effect heeft, is afhankelijk van welke aaltjes in de grond aanwezig zijn, de vervolgteelt, bodemtype etc. Onderzoek op dit onderwerp richt zich vooral op akkerbouwgewassen en de bijbehorende ziekten en plagen. Deze informatie moet vertaald en gecreëerd worden voor de bloembollensector. Dit is waardevolle informatie voor telers en adviseurs.

Bodemgebonden ziektes en plagen zijn een belangrijk aspect van bodemmanagement in de bollenteelt. Om telers hierbij te helpen is Best4soil ontwikkeld ⁷⁴. Recentelijk zijn 5 belangrijke bloembolgewassen (tulp, lolie, hyacint, narcis en Zantedeschia) toegevoegd aan de aaltjesdatabase van Best4Soil (voorheen aaltjesschema) (Best4Soil, 2021). Deze data is zowel voor telers op eigen land als telers op huurland erg waardevol. De tool kan leiden tot een optimale gewasrotatie en inmenging van een geschikte groenbemester. Momenteel wordt er door Wageningen University & Research aan gewerkt om ook de gegevens van bodemschimmels in bloembollen en -knollen toe te voegen aan Best4Soil al is er voor veel interacties geen kennis beschikbaar. De beschikbare kennis maakt deze tool nuttiger voor telers om een geschikte vruchtwisseling te ontwerpen met betrekking tot gewasrotatie, groenbemesters en bodemziekten en -plagen.

Een teelt van *Tagetes patula* (afrikaantjes) wordt in de lolie teelt veel toegepast als handeling tegen het wortelziekteaaltje *Pratylenchus penetrans* met als bijeffect de voordelen als groenbemester (Conijn, 1994; Elberse & Hoek, 2012; Langen & Mans, 2021). De teelt omvatte in 2018 600 hectare ⁷⁵. *Tagetes* zijn dodelijk voor *P. penetrans*, een veroorzaker van wortelrot in lolie. Door een jaar voor de lolie teelt *Tagetes* op een perceel te telen is een groot deel (tot 99%) van de *P. penetrans* populatie te bestrijden (Elberse & Hoek, 2012; Leeuwen-Haagsma et al., 2019a; Schans, 2019). De teelt van *Tagetes* kent een aantal belangrijke knelpunten. Voor een goed effect dient een *Tagetes* gewas 3-5 maanden te groeien, dit kost een teler een geheel groeiseizoen en landhuur.

⁷⁴ <https://www.best4soil.eu/>, geraadpleegd op: 22-02-2022.

⁷⁵ <https://agro.bayer.nl/nl-NL/Uit-de-praktijk/Publicatie/Koeriers/Bloembollen-Koerier-september-2018/Tagetes>, geraadpleegd op 20-09-2022

Aanwezigheid van onkruid moet voorkomen worden omdat dit de effectiviteit drastisch beperkt en ook dit kost tijd en geld. Tevens werken Tagetes alleen tegen *P. penetrans* en *P. crenatus*. Andere ziekteverwerkers zoals Trichodoriden-aaltjes vermeederen zich op Tagetes met negatieve gevolgen in een vervolgteelt. Hierdoor moet een teler vooraf weten wat er in de grond aanwezig is. Zeker de vermeederen van Trichodoriden-aaltjes wordt door telers als een groot probleem gezien en een belemmering van de Tagetes teelt. Desalniettemin wordt de teelt van Tagetes voorafgaand aan een lelieteelt veelvuldig toegepast als bestrijding tegen *P. penetrans*.

Een andere maatregel die veel toegepast wordt tegen bodemziekten in de bollenteelt is anaerobe grondontsmetting (AGO). Sinds chemische grondontsmetting in veel teelten niet meer toegestaan is, is anaerobe grondontsmetting een veel gebruikt alternatief. Inundatie is hiervoor de meest voorkomende handeling. Een perceel wordt minimaal 12 weken onder water gezet (de Kool, 2008; Os & Lamers, 2016; Termorshuizen, Molendijk, & Postma, 2020). Een alternatief is om een groenbemester onder te werken en luchtdicht af te dekken. Hierdoor is ook een anaerobe omstandigheid te creëren. Echter wordt dit, vanwege de kosten en risico's, niet veel toegepast in de praktijk. Onder anaerobe omstandigheden sterven de meeste bodemorganismen, zowel ziekteverwekkende als niet-ziekteverwekkende organismen. De ziekteverwekker *Pythium* wordt echter niet bestreden met deze maatregel. Belangrijke aspecten van inundatie zijn een vlak perceel (het gehele perceel moet onder water blijven) en een voldoende hoge temperatuur (>17°C). Vaak wordt het op lichte gronden (zand) toegepast. Vanwege een vlak perceel zie je deze handeling voornamelijk in de kuststrook en minder in teeltgebieden in Drenthe of Limburg.

Door middel van compost kan er na inundatie weer bodemleven toegevoegd worden aan de bodem. Hoewel dit bodemleven na de behandeling meestal weer snel op peil is, kan inundatie grote gevolgen hebben voor het natuurlijk evenwicht in de bodem en de opbouw van bodemweerbaarheid.

Tabel 6.2.2 Effectiviteit inundatie tegen verschillende ziekten en plagen relevant in de bloembollenteelt.⁷⁶

Groep	Organismen	Effectiviteit
Schimmels	<i>Fusarium oxysporum</i>	-
	<i>Pythium spp.</i>	-
	<i>Rhizoctonia tuliparum</i>	+
	<i>Rhizoctonia solani AG2-2</i>	-
	<i>Sclerotinia bulborum</i>	+
	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	+
	<i>Sclerotinia cepivorum</i>	-
	<i>Verticillium dahliae</i>	+
	Aaltjes	<i>Ditylenchus destructor</i>
<i>Ditylenchus dipsaci</i>		+
<i>Meloidogyne chitwoodi</i>		?
<i>Meloidogyne fallax</i>		?
<i>Pratylenchus penetrans</i>		+
<i>Trichodorus spp.</i>		+-

Betekenis symbolen: + inundatie effectief, - inundatie niet effectief, +- inundatie matig, ? effectiviteit onbekend.

Hoewel er veel gedaan wordt met bodemkwaliteit zijn er ook nog veel vragen. Hierbij ligt vooral de nadruk hoe bodemkwaliteit te meten is en wat een goede bodem is. Dit heeft zowel betrekking op de biologische samenstelling als in welke organismen positief zijn en hoe bodemweerbaarheid te meten is. Maar ook met fysische eigenschappen met betrekking tot de effecten van een hoger organisch stof gehalte. Fundamentele kennis over de bodem en de interacties die hier plaatsvinden is essentieel om te creëren. Het vraagstuk hoe bodemkwaliteit om te zetten is in een economisch verdienmodel voor kwekers en belanghebbenden is een vervolguidaging.

Naast de huidige maatregelen die al worden toegepast wordt er onderzoek gedaan naar bodemweerbaarheid en andere groeimiddelen in de bollenteelt. Een van de projecten die in het voorjaar van 2022 van start ging is de PPS Bollen@Bodem & Aaltjes uitgevoerd door Wageningen University & Research en Vertify.

⁷⁶ Data verkregen uit: de Kool, 2008; Termorshuizen, Molendijk, & Postma, 2020

Het doel van deze PPS is om kennis en instrumenten te leveren om de bodemkwaliteit van eigen en huurpercelen duurzaam te verbeteren, met name op het gebied van aaltjesbeheersing in de bloembollensector. Hiertoe wordt het Bodem Kwaliteits Plan (BKP) dat ontwikkeld is voor de akkerbouw gebruikt en daar waar nodig aangepast aan de bollenteelt (Fuchs, Rombout, & Molendijk, 2021). Protocollen voor bodemmanagement op huurland worden ontwikkeld. Missende informatie over waardplantstatus van bolgewassen voor aaltjes wordt ontwikkeld en toegevoegd aan Best4Soil. Er wordt ook gewerkt aan een beheersstrategie voor Trichodoriden-aaltjes, die een probleem zijn in de bollenteelt en de akkerbouw. Dit alles wordt geïmplementeerd op pilotbedrijven en aan de hand van een economische analyse getoetst. Dit project is een stap om bloembollentelers een tool te geven om de bodem integraal te verbeteren.

Een project dat fundamenteel anders kijkt naar de bodem, groeimedia en bemesting in de bollenteelt is de PPS Bollencoaster van Wageningen University & Research ⁷⁷(Langen & Dam, 2021; Looman, 2021a). In dit project wordt een concept teeltsysteem ontwikkeld waarbij bloembollen in een plastic slurf gevuld met substraat geteeld worden, zonder contact met de ondergrond. De grote voordelen van dit teeltsysteem zijn: geen last van grondgebonden ziektes, nauwkeurige bemesting via fertigatie, geen emissie van voedingsstoffen naar grond- en oppervlaktewater, mechanische onkruidbeheersing mogelijk en jaar-op-jaar teelt op hetzelfde perceel (dicht bij het bedrijf). Echter, nadelen zijn dat het de nodige investeringen vraagt, mechanisatie nog ontwikkeld moet worden waardoor het momenteel nog niet praktisch toepasbaar is, substraat benodigd is voor de teelt en de kostprijs van het eindproduct nog onbekend is. Hierbij is het belangrijk om te vermelden dat het concept pas één jaar in ontwikkeling is in deze vorm en nu al positieve resultaten heeft opgeleverd.

Er is nog veel werk nodig voor het concept uitontwikkeld is en opgepakt kan worden om door de praktijk geïmplementeerd te worden. Echter, dit concept biedt zeker mogelijkheden voor de toekomst.

6.2.3 Robuuste rassen

Voor het creëren van robuuste, weerbare rassen speelt veredeling een belangrijke rol. Binnen de bloembollensector wordt er door meerdere bedrijven en kwekersverenigingen veredeld. Vanwege de sierwaarde waar bloembollen voor geteeld worden heeft de veredeling zich veelal gericht op nieuwe kleuren, bloemvormen en andere esthetische kenmerken van de plant. Hiernaast speelden teeltaspecten mee in de veredeling. Selectie op resistente en weerbare rassen was niet in alle veredelingsprogramma's een belangrijk onderdeel. Tegenwoordig wordt de veredeling op resistentie en weerbare rassen in de bloembollen een steeds belangrijker thema.

De veredeling in de meeste bloembolgewassen gaat erg traag. De belangrijkste oorzaken hiervan zijn de lange juveniele fase en trage vermeerdering die bloembolgewassen kenmerkt. Vanaf het moment dat een kruising is uitgevoerd tot de eerste bloei duurt 2-5 jaar voor de meeste bloembolgewassen (Hop, 2018). Dit is het eerste moment dat er geselecteerd kan worden op de bloem, wat een erg belangrijk criterium is in de veredeling. Daarnaast is dit ook het eerste moment dat de selectie gekruist kan worden voor een volgende stap in het veredelingsprogramma.

Naast de lange duur tot de eerste bloei is de vermeerdering daarna erg traag waardoor het meerdere jaren duurt voordat genoeg bollen beschikbaar zijn om aanvullende proeven en selecties op uit te voeren. Dit omvat proeven voor: broei, teelt, verwerking, bewaring en ziektes. Al deze proeven remmen de verdere vermeerdering maar zijn noodzakelijk om een volledig beeld van een cultivar te krijgen. Als na meerdere jaren van vermeerderen en testen een selectie goed genoeg bevonden wordt, dient een partij nog vermeerderd te worden tot een commerciële grootte. Afhankelijk van het gewas en of de mogelijkheid voor in-vitro-vermeerdering mogelijk is, kan dit gerust 15 jaar duren. Een grove indicatie van de duur van een veredelingsprogramma voor een aantal gewassen is: lelie, 10 jaar (met in vitrovermeerdering); gladiool, 12 jaar; hyacint, 15-20 jaar; narcis, 20 jaar; tulp, 25 jaar (Hop, 2018). Een versnelde vermeerdering is essentieel om de veredeling van bloembollen te versnellen. Kennis van de PPS Fundamentele systeemsprong (gericht op de bollenteelt) is er op gericht om de vermeerdering in verschillende gewassen te versnellen maar kan ook erg waardevol zijn voor de veredeling (Looman, 2021d, Persoonlijke communicatie Paul Arens, WUR Plant Breeding).

⁷⁷ <https://www.wur.nl/nl/onderzoek-resultaten/onderzoeksprojecten-Inv/expertisegebieden/kennisonline/bollencoaster.htm>, geraadpleegd op: 22-02-2022.

Vanwege de lange duur van de veredeling en de hoge kosten, zijn er voor de meeste bolgewassen geen gespecialiseerde veredelingsbedrijven. Vaak wordt de veredeling uitgevoerd door een collectief van kwekers, die naast de teelt een veredelingsprogramma hebben (Persoonlijke communicatie Paul Arens, WUR Plant Breeding). Doordat de veredeling vaak een nevenactiviteit is en vanwege de kosten van een veredelingsprogramma, gebeurt er bij veel veredelingsbedrijven (bijna) geen onderzoek ten behoeve van de veredeling. Dit is niet bevorderlijk voor verdere ontwikkeling van het proces.

De lelie en *Zantedeschia* veredeling zijn uitzonderingen op de meeste andere bolgewassen. Deze gewassen kennen meerdere bedrijven waar veredeling centraal staat. In de overige bolgewassen is een enkel bedrijf actief dat als hoofdtaak veredeling heeft. Deze bedrijven zouden nieuwe innovaties in de veredeling kunnen brengen.

Onderliggende kennis van weerbaarheid tegen ziekten en plagen heeft toegevoegde waarde voor de veredeling in bloembolgewassen. In het verleden heeft er veel onderzoek plaatsgevonden aan de weerbaarheid van tulpen tegen belangrijke ziekten zoals *Botrytis*, *Fusarium* en TBV (Straathof, Mes, Eikelboom, & Van Tuyl, 2002; Tang et al., 2015). Dit heeft kennis met betrekking tot resistentie in verwante tulpensoorten en genetische informatie over weerbaarheid opgeleverd. Deze kennis wordt momenteel nog veel toegepast in de veredelingsprogramma's voor tulp, zoals het programma dat bij WUR Plant Breeding wordt uitgevoerd. Echter voor veel bloembolgewassen ontbreekt deze kennis. Een beter overzicht van de beschikbaarheid van resistenties tegen ziekten en plagen en een beter begrip van de onderliggende mechanismen zou de veredelaars kunnen helpen om resistente of weerbaardere rassen te ontwikkelen.

Hoewel in tulp onderzoek is gedaan naar de resistentie tegen een aantal ziekten is er nog veel onduidelijk. Genetische regio's die bijdragen aan resistentie tegen *Botrytis* en *Fusarium* zijn bekend (Straathof et al., 2002; Tang et al., 2015).

Echter, welke eigenschappen ten grondslag liggen aan deze weerbaarheid zijn niet in alle gevallen bekend. Voor een aantal eigenschappen vindt de ontwikkeling van genetische markers plaats. Het gebruik van gevalideerde markers zou de veredeling aanzienlijk kunnen versnellen. Met behulp van markers zou er van jonge planten al te bepalen zijn of een bepaalde weerbaarheid aanwezig is. Hierdoor is een snellere eerste selectie mogelijk wat veel tijd en geld bespaard. Bij WUR Plant Breeding wordt er aan de ontwikkeling van markers in tulp gewerkt (Arens, 2021). Vervolgonderzoek zou zich kunnen richten op andere bolgewassen.

Een ander aspect dat de veredeling vertraagt is de beperkte genetische informatie die bekend is van bloembolgewassen (Arens, Shahin, & Tuyl, 2014). Voor geen enkel bloembolgewas is een goed geannoteerd genoom beschikbaar. Van lelie en tulp is er transcriptoomdata beschikbaar (Moreno-Pachon et al., 2016). De beschikbaarheid van verdere (genomische) informatie zou onderzoek kunnen versnellen en het mogelijk maken dat (de zeer beperkte) onderzoek-intensieve veredelingsbedrijven en onderzoeksgroepen de bloembolveredeling kunnen versnellen. Dat er nog geen genoom van bloembolgewassen beschikbaar is, is onder andere te wijten aan het feit dat het genoom van deze gewassen erg groot en complex is (Moreno-Pachon et al., 2016). Dit zorgt voor extra uitdagingen bij het annoteren van het genoom.

Vanwege het kleinere areaal en de economische waarde van de overige bolgewassen, naast tulp en lelie, is het niet met zekerheid te zeggen of er de komende jaren ingezet gaat worden op genetisch gestuurde veredeling in deze gewassen. Hiernaast is het de vraag of de huidige verdelingspartijen baat hebben bij een geannoteerd genoom of dat deze kennis niet toepasbaar is voor de huidige bedrijven. Deze inventarisatie is eerst nodig voordat verder onderzoek zich hierop richt.

Gevalideerde ziekte-toetsen zou de veredeling ondersteunen om gemakkelijker en doortastender resistente selecties te maken. Een lopend onderzoek richt zich op het ontwikkelen van een gemakkelijke screening voor *Botrytis elliptica* vatbaarheid in leliecultivars (Malvestiti, Immink, Arens, Quiroz Monnens, & van Kan, 2021). Hiervoor worden eiwitten, uitgescheiden door *B. elliptica*, gescreend op een celdoodreactie in lelie. Met deze vatbaarheidstoets worden veredelaars in staat gesteld om op een gemakkelijke manier veel plantmateriaal te testen voor *B. elliptica* vatbaarheid. Dit kan een grote impuls geven aan de ontwikkeling van minder vatbare lelierassen. Soortgelijk onderzoek voor de ontwikkeling van een eiwit-ziekte-toets is in de toekomst ook mogelijk voor tulpen en wellicht ook voor overige bolgewassen.

Meer weerbare rassen zijn te creëren door veredeling, maar ook in het huidige assortiment is binnen bepaalde gewassen een zekere mate van weerstand aanwezig tegen bepaalde ziekten en plagen. Momenteel wordt door veel telers beperkt rekening gehouden met de vatbaarheid van het te telen assortiment. Echter, is deze kennis vaak niet doortastend onderzocht of enkel beperkt aanwezig. Meer transparantie en toegankelijkheid van dergelijke data zou de veredeling helpen. Voor de interactie tussen lelie en 'vuur' (*B. elliptica*) wordt er onderzoek gedaan door HLB in samenwerking met het ROL⁷⁸ (Osinga, 2021). Binnen dit project wordt voor een aantal leliecultivars de vatbaarheid voor vuur bepaald onder praktijkomstandigheden. Hierbij worden cultivars gangbaar geteeld of zonder bestrijding tegen *B. elliptica*. Aan de hand van deze resultaten kunnen telers en veredelaars achterhalen welke cultivars / cultivargroepen erg vatbaar of weerbaar zijn en hier hun teelt op aanpassen. Tot nu toe zijn slechts een klein aantal cultivars getest, voor verdere implementatie van de resultaten is het belangrijk dat meerdere cultivars getest worden en bij voorkeur voor meerdere jaren. Met een biotoets bestaat de mogelijkheid om de gevoeligheid van het huidige sortiment sneller vast te stellen.

Soortgelijk gebruikswaarde-onderzoek zou ook in andere gewassen plaats kunnen vinden. Deze informatie kan waardevol zijn voor telers en veredelaars. Als laatste stap zou ook de retail deze informatie kunnen gebruiken om bijvoorbeeld de voorkeur te geven aan weerbare rassen ten opzichte van meer vatbare rassen. Dergelijk onderzoek zou erg gebaat zijn bij gevalideerde, makkelijk uitvoerbare ziekteproeven zodat grootschalig gebruikswaardenonderzoek uit te voeren is. Logischerwijs zijn ontwikkelde toetsen ook te gebruiken door veredelaars.

Informatie over het voorkomen van virussen in de verschillende cultivars van bloembollen is, omdat zij de keuringen uitvoeren, bekend bij de Bloembollenkeuringsdienst. Helaas mag deze dienst deze gegevens niet delen in verband met de privacy.

De veroorzakers van de meeste ziekten en plagen zijn bekend. Echter, is kennis over de variatie binnen een bepaalde ziekteverwekker beperkt bekend. Kennis van de agressiviteit, persistentie en diversiteit van verschillende varianten is noodzakelijk voor een robuuste ziekteproef en een beter begrip van ziektedynamiek.

6.2.4 Gezond uitgangsmateriaal

De teelt van bloembollen is een circulaire teelt. De teelt van gezond "schoon" uitgangsmateriaal krijgt de laatste jaren steeds meer aandacht binnen de bollenteelt. Met schoon wordt hierbij virusvrij materiaal verkregen uit weefselweek bedoeld wat ook vrij is van schimmels en bacteriën. Een tussenvorm die in de praktijk wordt toegepast is het intensief toetsen van partijen bollen op de afwezigheid van virussen. Door de virustoestand van een partij jaarlijks nauwkeurig te monitoren en er naar te handelen zijn problemen met virusbesmetting beter te voorkomen.

Het gebruik van gezond uitgangsmateriaal leidt tot een gezond(er) eindproduct. In het geval van virussen is bestrijding van virusoverdracht door luizen dan minder nodig, omdat de virussen die deze soms verspreiden alleen in bloembollen voorkomen. Hoe ver terug gegaan kan worden in gewasbescherming dient nog onderzocht te worden. Daarnaast zal gezond uitgangsmateriaal de bodem minder besmetten met pathogene schimmels, die een volgteelt kunnen aantasten.

De BKD toets partijen in het veld en op het lab op virus. Afhankelijk van de kwaliteit van een partij krijgt die een bepaalde klasse. Deze verplichte keuring zorgt voor een gewaarborgde kwaliteit van bollen. Naast de verplichte keuring door de BKD is vrijwillige toetsing ook mogelijk. Hiernaast is door drie partijen in de keten een kwaliteitssysteem opgezet om een gewaarborgde hoge kwaliteit uitgangsmateriaal te telen (Dwarswaard, 2019).

⁷⁸ <https://www.nieuweoogst.nl/nieuws/2021/09/15/stichting-rol-weerbare-lilies-leveren-middelenbesparing-op>, geraadpleegd op: 24-02-2022.

Voor hyacinten, lelies en Zantedeschia is het gebruikelijk om uit grote bollen/knollen door middel van hollen (het verwijderen van de bolbodem en hoofdknop), schubben (de individuele schubben van de bolbodem afbreken), of parteren (het in stukken snijden van knollen) respectievelijk, veel kleine bolletjes te verkrijgen van één moederbol. Hierdoor kunnen van één moederbol 20-60 nieuwe bolletjes verkregen worden die in twee tot drie jaar geteeld kunnen worden tot leverbare bollen. Partijen die gebruikt worden voor hollen, schubben of parteren worden veelal getoetst op virussen, hierdoor begint de teelt van mini- of schubbolletjes vaak met een relatief lage virusdruk.

In de teelt van lelies en Zantedeschias komt de teelt van "schoon" uitgangsmateriaal vaker voor dan in andere gewassen. Er zijn enkele bedrijven die gespecialiseerd zijn in de teelt van schoon uitgangsmateriaal, maar er zijn ook telers die dit zelf doen. Vanwege de kosten verbonden aan weefselkweek en de lange teeltduur worden ook deze partijen op den duur gebruikt voor vermeerdering op de conventionele manier en hierna circulair geteeld.

In de huidige teelt wordt plantgoed ontsmet voor het planten om ziektes tijdens de teelt te voorkomen. Hiertoe worden bollen gedompeld in een ontsmettingsbad of geschuimd met fungiciden. Door het krimpemde middelenpakket wordt een goede ontsmetting steeds lastiger. Dit kan ertoe leiden dat de teelt al begint met besmet uitgangsmateriaal of dat een perceel besmet raakt. Als preventie tegen ziekte en virusoverdracht tijdens het dompelen wordt het ontsmettingsbad regelmatig verwarmd tussen dompelen van verschillende partijen door. Het is van belang dat de ontsmettingsmiddelen ook na verwarmen nog effectief zijn. Bij sommige nieuwe en biologische producten is dit niet het geval, waardoor virusverspreiding in het dompelbad een probleem kan worden (Persoonlijke communicatie A. Conijn, teeltadviseur lelie). Een andere optie is dat er voor iedere partij nieuwe (biologische) middelen aan het ontsmettingsbad toegevoegd moeten worden wat een financiële kostenpost is en tot groot (biologisch) middelengebruik leidt. Omdat bij schuimen overdracht van ziekten via de vloeistof wordt voorkomen is dit een methode die verder geoptimaliseerd zou moeten worden.

Alternatieve methoden voor bolontsmetting worden onderzocht. Echter zijn deze nog niet op het niveau van de gangbare standaard. Ontsmetten met ECA-water werkt niet voldoende (Kreuk, 2021). Bollen schuimen wordt verder verfijnd en de mogelijkheid tot flow-schuimen wordt verbeterd. Een andere mogelijkheid zoals een Controlled Atmosphere Temperature Treatment (CATT) tegen de tulpengalmijt (dus niet tegen schimmelziekten) is effectief.

Desalniettemin is de praktijkervaring beperkt en wordt dit momenteel niet toegepast door de praktijk (van Dam, 2021). Of deze techniek toegepast kan worden op de hele sector dient geïnventariseerd te worden.

In het visiedocument Vitale Teelt 2030 en lopende onderzoeken bij de WUR is de teelt van gezond uitgangsmateriaal een belangrijk thema (Vitale Teelt 2030, 2018). Hierbij wordt niet alleen gekeken naar de teelt van uitgangsmateriaal maar naar een gehele systeemsprong binnen de bloembollensector. In deze projecten staat de teelt in een éénrichtingssysteem centraal. Het basisprincipe van deze lopende projecten is om "schoon" uitgangsmateriaal uit weefselkweek onder beschermde omstandigheden (in een kas of vertical farm) snel op te kweken, te vermeerderen, te telen tot plantgoed waarna de teelt tot leverbare bol nog maar één of twee jaren hoeft te duren op het open veld. Alle leverbare bollen worden dan verkocht en niet hergebruikt. "Schoon beginnen, Schoon houden".

Weefselkweekplantjes zijn in de kas onder optimale omstandigheden (licht, temperatuur, voeding, substraat en vocht) sneller dan buiten te telen tot grote bollen. Deze grote bollen dienen vermeerderd te worden door te schubben, hollen of parteren voor respectievelijk lelie, hyacint, Zantedeschia. Dit kan nogmaals herhaald worden of van deze minibolletjes is plantgoed te telen in de kas. Vanwege het grote teeltareaal zal de teelt tot leverbare het laatste jaar buiten moeten plaatsvinden. Een belangrijk aspect is dat er geen plantgoed wordt gewonnen uit een buiten geteelde partij. In de teeltfase in de kas wordt door de teelt onder optimale omstandigheden een aantal ziekten preventief voorkomen (bijv. *B. elliptica*). Plagen en luizen zijn daar waar nodig met biologische bestrijders te bestrijden. Hierdoor is een minimale hoeveelheid gewasbeschermingsmiddelen nodig. In de buitenteelt is ook een sterke reductie in gewasbeschermingsmiddelen mogelijk doordat gezond materiaal geteeld wordt waarin de ziektedruk lager ligt, met name voor virus is dit relevant. Dit samen levert een grote reductie in gewasbeschermingsmiddelengebruik en nutriënten-emissie op.

Lopende projecten gericht op deze systeemsprong zijn: Vitale Lelieteel⁷⁹, POP3 Vitale Teelt Hyacint⁸⁰ en PPS Fundamentele Systeemsprong⁸¹ uitgevoerd door Wageningen University & Research (Looman, 2021d, 2021e; Slootweg, 2021). Alle drie de projecten richten zich op een éénrichtingssysteem in de bloembollenteelt maar voor verschillende gewassen en met verschillende uitdagingen. Vitale Lelieteel heeft als doel het concept voor een éénrichtingssysteem verder te ontwikkelen en ook het laatste teeltjaar buiten te verduurzamen voor de lelieteelt. POP3 Vitale Teelt Hyacint richt zich op de hyacintenteelt, een gewas dat in de kas minder snel groeit dan lelies. De hyacintenteelt verschilt ook van de lelieteelt in het opzicht dat lelie een zomergewas is en hyacinten een voorjaarsgewas. PPS Fundamentele Systeemsprong richt zich op de gewassen: tulp, narcis, Zantedeschia en Hippeastrum. In de praktijk hebben deze gewassen een trage vermeerdering. In deze PPS wordt onderzocht of dit te versneller is. Een snelle vermeerdering is noodzakelijk voor een éénrichtingsteelt, tevens is dit te gebruiken voor een versnelde introductie van nieuwe weerbaardere rassen uit de veredeling.

De teelt van gezond uitgangsmateriaal is binnen de bloembollenteelt een steeds belangrijker aspect en een veelbelovende activiteit voor een duurzamere bollenteelt. Mogelijk kan de teelt van gezond uitgangsmateriaal als katalysator dienen tot een systeemsprong waarbij de teelt van bloembollen een éénrichtingssysteem wordt met een deel van de teelt in de kas. Dit zou kunnen leiden tot verdere specialisatie in de bollensector met aperte bedrijven met kasteelt, de buitenteelt en de uiteindelijke broeierij.

6.2.5 Inzet van nuttige organismen

Met de inzet van nuttige organismen wordt in dit hoofdstuk de inzet van zowel macro- als micro-organismen ter bevordering van de teelt bedoeld.

De inzet van natuurlijke vijanden tegen plagen wordt niet toegepast in de buitenteelt van bloembollen. Het effect van het lokken of uitzetten van natuurlijke vijanden is nog niet bewezen in de bollenteelt. De negatieve effecten van insecten en mijten zitten vaak in de virusoverdracht die zij veroorzaken. Dit zijn dus geen koloniserende insecten, maar veelal hoppelende insecten die van plant naar plant vliegen. Kleine aantallen kunnen grote gevolgen hebben. Een geschikte beheersstrategie op basis van natuurlijke vijanden dient nog ontwikkeld te worden.

Een aspect wat ook speelt in de voorjaarsbloeiende bolgewassen is de lagere temperatuur en het klimaat. De temperatuur is een belangrijk aspect voor veel insecten, deze is nog erg laag in het voorjaar. Onderzoek uit de akkerbouw kan dus niet zonder vertaalslag overgenomen worden op de voorjaarsbloeiende bloembolgewassen. Specifiek onderzoek naar bloembollen en natuurlijke vijanden is nodig.

In de buitenteelt van bloembollen is de inzet van nuttige microben geen gemeengoed. Enkele toepassingen met nuttige organismen worden breed toegepast. Door verschillende gewasadviseurs wordt geëxperimenteerd op proeftuinen met nieuwe producten (persoonlijke communicatie Bram Mulder, teeltspecialist bloembollen). Eveneens, experimenteren sommige kwekers hoe nieuwe producten op basis van microben in te passen zijn in hun bedrijfsvoering. Over het algemeen is er echter te weinig fundamentele kennis over de werking, het effect en de toediening van nuttige organismen. Het effect van nuttige organismen is vaak van meerdere factoren afhankelijk. Kennis van deze factoren met betrekking tot omstandigheden in de bollenteelt zijn nog niet voldoende beschikbaar. De noodzaak is er om studies met betrekking tot toepassingsmoment, plantstadium, effect enz. uit te voeren. Als begrepen wordt hoe deze organismen te werk gaan, is te voorspellen wanneer het beste effect verwacht kan worden.

De mogelijkheid om biologische middelen of nuttige organismen te gebruiken voor bolontsmetting wordt onderzocht in de PPS De Groene Tulp door Vertify (Jansen, 2021). Enkele biologische middelen of organismen hebben positieve effecten laten zien. Deze werken echter vaak zeer specifiek tegen een enkele ziekteverwekker.

⁷⁹ <https://www.wur.nl/nl/project/Vitale-Lelieteel.htm>, geraadpleegd op: 23-02-2022.

⁸⁰ <https://www.wur.nl/nl/Onderzoek-Resultaten/Onderzoeksprojecten-LNV/Expertisegebieden/kennisonline/POP3-Vitale-teelt-hyacint.htm>, geraadpleegd op: 23-02-2022.

⁸¹ <https://www.wur.nl/nl/onderzoek-resultaten/onderzoeksprojecten-lnv/expertisegebieden/kennisonline/fundamentele-systeemsprong-bloembollen.htm>, geraadpleegd op: 23-02-2022.

Het combineren van nuttige microben en hun positieve en negatieve interacties dienen nog verder onderzocht te worden voordat dit toegepast zou kunnen worden. Een fundamenteel begrip van de werkingsmechanismen van de biologische middelen en organismen in bolontsmetting is nodig. Als die kennis er is kan een werkbare combinatie van biologische middelen of organismen samengesteld worden als alternatief voor chemische bolontsmetting.

In de bewaring van bolgewassen worden nog geen nuttige organismen ingezet. Wel is recentelijk een galmug ontdekt die de tulpengalmijt parasiteert (Dwarswaard & Leman, 2019). Er is weinig kennis beschikbaar over deze interactie. Het is belangrijk om uit te zoeken of de bestrijding voldoende werkt, hoe de bestrijding werkt, wat de uitzetmomenten zijn etc. Hier is nog veel onderzoek voor nodig. Het is belangrijk om te onthouden dat dit slechts over de bestrijding van één mijtenssoort gaat in de tulpen teelt. Voor de andere bolgewassen zijn andere plaaginsecten en -mijten een probleem waar vaak nog geen natuurlijke vijanden tegen gevonden zijn.

Een deel van de kennis uit de glastuinbouw met betrekking tot natuurlijke vijanden is te benutten voor de inzet van natuurlijke vijanden in de bewaring van bloembollen. Er spelen echter ook een groot aantal aspecten die nog onbekend zijn. Zo is het belangrijk rekening te houden met de aanwezige luchtstromen, temperaturen, krappe ruimte tussen bollen, het ontbreken van licht in de bewaring etc. Veel van deze aspecten dienen nog verder uitgezocht te worden voordat natuurlijke vijanden ingezet kunnen worden in de bewaring van bloembollen.

In de broei van sommige bolbloemen zoals lelies is het gebruikelijker om nuttige organismen in te zetten tegen plaaginsecten. In deze teelt in kassen is ook veel kennis uit de bedekte groente- en sierteelt toe te passen. Maar ook hier zijn uitdagingen zoals het beheersen van nieuwe plaagorganismen zoals bijvoorbeeld *Thrips setosus*.

6.2.6 Geïnduceerde weerbaarheid

Geïnduceerde weerbaarheid is nieuwe voor de bollenteelt. Enkele biostimulanten zijn op de markt waar sprake lijkt van geïnduceerde weerbaarheid. Het exacte werkingsmechanisme is echter nog niet goed onderzocht. Onderzoek naar gericht geïnduceerde afweer in bloembolgewassen is in een opstartende fase. Als aanvulling op of mogelijk alternatief voor (verminderde) chemische gewasbescherming is geïnduceerde weerbaarheid een interessante optie waar nog veel onderzoek voor nodig is met betrekking tot de werking en effectiviteit.

Er worden slecht enkele biostimulanten en basisstoffen breed toegepast in de bloembollenteelt. Voor sommige producten lijkt er sprake te zijn van een positief effect op plantweerbaarheid (Greenity 101, 2021; Greenity 97, 2021a, persoonlijke communicatie Bram Mulder, teeltspecialist bloembollen). Deze weerbaarheid hangt voornamelijk samen met een vitaler en gezonder gewas. Dit biedt potentie voor de toekomst. Een belangrijk onderdeel wat onderzocht dient te worden om tot een betere toepassing te komen, is welke omstandigheden invloed hebben op het effect van biostimulanten en basisstoffen. Voor een optimale werking is het nodig om te weten op welk tijdstip in de teelt en onder welke omstandigheden biostimulanten optimaal werken. Hiernaast is het belangrijk om de werkingsmechanismen te begrijpen zodat uit onderliggende kennis te sturen valt in de teelt. Doortastende studies die dit uitzoeken zijn nog niet bekend in de bloembollenteelt. Ook dienen voor biostimulanten die ingezet worden tegen biotische stress toelatingen te worden gerealiseerd.

Een project dat zich richt op geïnduceerde weerbaarheid in de bollenteelt is de PPS Weerbare Bol van Wageningen University & Research (start voorjaar 2022). Het doel van dit project is om tijdens de teelt en in de bewaring de natuurlijke afweer van de plant tegen ziekten en plagen aan te zetten en te verhogen. In andere gewassen uit deze natuurlijke weerbaarheid zich in morfologische aanpassingen zoals meer bladharen of een versterkte waslaag. Maar ook de samenstelling van de plantinhoudsstoffen kan veranderen met een werking tegen ziekten en plagen. De plantenhormonen Jasmonzuur (JZ) of Salicylzuur (SZ) worden geassocieerd met de activering van de natuurlijke plantweerbaarheid. In verschillende gewassen (groenten, fruit en sierplanten) is aangetoond dat het toedienen van JZ, SZ, elicitors, UV-B of bepaalde lichtkleuren de plantweerbaarheid induceert (Mouden, Bac-Molenaar, Kappers, Beerling, & Leiss, 2021).

Binnen het project Weerbare Bol wordt er onderzocht of en hoe plantweerbaarheid te sturen is in bolgewassen. Dit project richt zich niet alleen op de plantweerbaarheid tijdens de teelt maar ook tijdens de bewaring wat een uniek aspect is van de bollenteelt. Het doel van het project is enerzijds het verkrijgen van praktische uitkomsten die gebruikt kunnen worden in de bloembollenteelt maar ook het begrijpen van de onderliggende mechanismen van plantweerbaarheid in bollen.

6.2.7 Data gedreven landbouw/precisielandbouw

In de bollenteelt wordt nog niet veel gestuurd op data en/of met precisietechnieken geteeld. Het is nog niet gelukt om de 'groene vingers' van de teler vast te leggen in algoritmes. Aan deze uitdagingen wordt door zowel de industrie als onderzoekinstellingen gewerkt. Mechanisatie en automatisering vereisen grote investeringen, echter de bloembollensector is een relatief kleine markt. Dit kan ervoor zorgen dat bedrijven minder snel investeren in specialistische machines (KAVB, 2020). Een grote uitdaging in de bollenteelt waar veel tijd en geld bespaart zou kunnen worden door data gedreven systemen, is de detectie van ziekten en plagen. Dit zou ook een oplossing kunnen bieden voor schaarste aan ervaren en gekwalificeerd personeel wat deze taken aan machines over zou kunnen laten.

Binnen het visiedocument "Vitale Teelt 2030" zijn precisietechnieken een belangrijk aspect van de pijler innovatie (Vitale Teelt 2030, 2018). De PPS Bollenrevolutie 4.0 van Wageningen University & Research sluit goed aan bij deze visie⁸² (Looman, 2021b). In dit project wordt ingezet op autonome herkenning van ziekten en plagen in het veld, "visiotechnieken" in de verwerking en het toepasbaar maken van data uit de teelt.

Een uitdaging die wordt gezien met betrekking tot data is de interpretatie en vertaling van de data. Veel meettechnieken zijn al mogelijk met bijvoorbeeld taakkaarten of biomassametingen. Echter, om deze data te vertalen naar een teelthandeling die positief uitpakt voor de opbrengst is nog een grote uitdaging (Wijk, 2021a). Hiernaast kan het ook meerdere jaren en investeringen kosten voor een teler verbanden kan gaan trekken en zijn bedrijfsvoering kan aanpassen. Dit zijn barrières voor het investeren in datagedreven landbouw.

Voor de detectie van ziekten op het veld wordt er door zowel H2L⁸³ als Wageningen University & Research (Bollenrevolutie 4.0) gewerkt aan het automatisch herkennen van virus in tulpen. Doormiddel van camera's en Artificial Intelligence zijn ziektebeelden te herkennen. In 2022 zullen prototypes van de Selector van H2L verder getest en ontwikkeld worden bij meerdere telers (Greenity 95, 2021b). De techniek om een virusaantasting te herkennen is beschikbaar. Het is nu de taak om dit praktisch toepasbaar en robuust te maken. Als dat lukt kan deze techniek toegepast worden in de tulpenteelt. Detectie alleen is echter niet voldoende. De zieke plant zal ook zo snel mogelijk gedood of verwijderd moeten worden om verspreiding te voorkomen. Als de techniek geoptimaliseerd is in de detectie van virus in de tulpen teelt is het van belang voor de sector dat dit ook vertaald wordt naar andere gewassen en meerdere ziekten.

In de verwerking van bloembollen zit potentie voor de toepassing van visiotechnieken en deep learning. In de teelt van tulpen is 'zuur' (Fusarium) een groot probleem. Als er, tijdens de verwerking, met behulp van visiotechnieken besmette en latent besmette bollen te herkennen zijn, zou dit grote voordelen kunnen opleveren voor de kwaliteit van de partij bollen zowel voor de verkoop van gezonde bollen als het planten van gezond plantgoed. Hier ligt echter een grote uitdaging. Momenteel is het nog niet mogelijk om latent besmette tulpenbollen te detecteren. Het is nog onbekend welke meting nodig is om dit te doen. Detectie is een essentieel onderdeel voor herkenning en om de techniek toepasbaar te kunnen maken. Binnen de PPS Bollenrevolutie 4.0 wordt aan deze detectie gewerkt, maar het is nog in de verkennende fase. Hierna zal gewerkt moeten worden aan de herkenning en het toepasbaar maken van de techniek.

⁸² <https://www.wur.nl/nl/Onderzoek-Resultaten/Onderzoeksprojecten-LNV/Expertisegebieden/kennisonline/Bollenrevolutie-4.0.htm>, geraadpleegd op: 23-02-2022.

⁸³ <https://h2lrobotics.com/>, geraadpleegd op: 23-02-2022.

Daarnaast wordt onderzocht hoe je meer datagedreven bloembollen kunt telen. In een samenwerking tussen WUR en Agrisim wordt binnen het project Bollenrevolutie 4.0 gewerkt aan een groeimodel voor de tulpen⁸⁴ (Looman, 2021b). In dit model worden gewasdata gekoppeld aan een groeimodel, weervoorspellingen en voorgaande teeltjaren. Aan de hand van deze informatie is beter te voorspellen hoe het gewas zal groeien, wanneer het gewas gerooid kan worden en is een meer datagedreven bedrijfsvoering mogelijk. Dit model is pas sinds 2022 beschikbaar voor telers (Looman, 2021c).

Een dataregistratie van voorgaande teelten op een perceel kan waardevol zijn voor de veelvoorkomende teelt op huurpercelen. Aan de hand van voorgaande teeltjaren kan een kweker voor het seizoen al een inschatting maken over de kwaliteiten van het perceel. Dit kan meegenomen worden in afwegingen over de gewasrotatie, bemesting en andere teelthandelingen. Hiervoor is nauwkeurige dataregistratie, uitwisseling en interpretatie nodig en dienen protocollen ontwikkeld te worden.

In relatie tot *Botrytis* preventie zijn er voor de teelt van tulp, lelie en gladiool waarschuwingssystemen ontwikkeld (de Kraker, van den Ende, Rossing, Bastiaansen, & van der Werf, 2000; Van Den Ende, Pennock-Vos, Bastiaansen, Koster, & Van Der Meer, 2000). Aan de hand van de weersvoorspelling wordt de infectiekans door *B. tulipae*, *B. elliptica* en *B. gladiolorum* in respectievelijk tulp, lelie en gladiool voor de komende dagen voorspelt. Aan de hand van deze infectiekans en een drempelwaarde, bepaald de teler of er wel of niet gespoten moet worden. Hoewel een waarschuwingssysteem veel potentie heeft, is de toepassing momenteel gering. Vanwege het kostbare product dat bloembollen is, kunnen de gevolgen van een verkeerde inschatting voor een bespuiting groot zijn. Hierdoor wordt er vaker preventief gespoten en minder op basis van een waarschuwingssysteem.

Hierbij komt ook kijken dat de weersvoorspelling niet 100% accuraat is, dit is wel belangrijk om een juiste beslissing te maken over gewasbescherming. Ook hebben veel telers niet de mogelijkheid om binnen een korte tijd (één dag) op hun gehele areaal gewasbeschermingsmiddelen toe te dienen. Een waarschuwingssysteem waarbij de voorspelling niet ver genoeg en betrouwbaar vooruit gaat is niet bruikbaar.

Een ander essentieel onderdeel van het bestaande waarschuwingssysteem is de beschermingsduur van de gebruikte middelen. Er wordt gerekend met een bescherming van 10-14 dagen na een bespuiting. Door het verdwijnen van een aantal multi-site gewasbeschermingsmiddelen wordt deze bescherming steeds lastiger gehaald. Voor het gebruik van een waarschuwingssysteem is, de beschikbaarheid van betrouwbare, langwerkende middelen noodzakelijk. De combinatie van biologische en chemische gewasbeschermingsmiddelen in een waarschuwingssysteem wordt onderzocht in de PPS de Groene Tulp (Jansen, 2021).

Om meer inzicht te krijgen in de tekortkomingen en voor- en nadelen van een waarschuwingssysteem wordt er door HLB en CLM onderzoek gedaan bij 10 telers naar het gebruik in een praktijksituatie⁸⁵. Kennis hieruit kan worden toegepast om het systeem beter te begrijpen en te verbeteren.

Precisielandbouw wordt in zekere mate toegepast in de bollenteelt daar waar mogelijk. Hierbij wordt niet gedoeld op plaatsspecifiek bespuiten of automatische onkruiddetectie maar op het preciezer toedienen van gewasbeschermingsmiddelen en bemesting. In vervolgonderzoek van Wageningen University & Research⁸⁶ en Vertify⁸⁷ is een goed alternatief voor bol dompelen ontwikkeld en verfijnd (Dam, Slootweg, & Mulder, 2020; Vertify, 2021). Door de bollen niet meer te dompelen maar te schuimen in gewasbeschermingsmiddelen is een grote reductie in middelen en emissie haalbaar. Een andere optie is het coaten van bloembollen, hierbij wordt een dun laagje gewasbeschermingsmiddelen aangebracht op de bol om deze nog gericht te beschermen. Deze technieken worden nu nog voornamelijk met chemische gewasbeschermingsmiddelen ontwikkeld. Mits er goede, werkzame biologische of laag-risico alternatieven zijn kan deze techniek na toetsing ook hiervoor ingezet worden.

⁸⁴ <https://www.wur.nl/nl/Landingspagina-redacteuren/nl/nieuws/Bollenrevolutie-4.0-lanceert-animatie-over-slim-datagebruik.htm>, geraadpleegd op: 23-02-2022.

⁸⁵ <https://www.clm.nl/nieuws/waarschuwingssystemen-in-de-lelieteelt-de-vuurproef/>, geraadpleegd op: 23-02-2022.

⁸⁶ <https://edepot.wur.nl/521327>, geraadpleegd op: 23-02-2022.

⁸⁷ <https://www.verify.nl/ketenaanpak-bolbehandeling-lielie/>, geraadpleegd op: 23-02-2022.

Een andere toepassing om het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen te minderen is een pulserende spuit (Greenity 91, 2021). Met nieuwe technieken wordt de spuit zo aangestuurd dat er gericht en nauwkeurig middelen toegediend kunnen worden. Hiernaast is het bij deze spuit goed mogelijk bepaalde doppen uit te zetten. Hierdoor wordt er niet gespoten in het pad bijvoorbeeld.

Binnen het project De Groene Tulp wordt er door Vertify en Leiden Universiteit samengewerkt om de biologische bodemkwaliteit in kaart te brengen (Jansen, 2021, Persoonlijke communicatie Michel Jansen, projectleider Vertify)⁸⁸. Hiervoor wordt met behulp van DNA-technieken een scan gemaakt welke organismen er aanwezig zijn in de bodem. De mogelijkheid om deze bodemscan te maken is er en interpretatie van de resultaten loopt. De interpretatie blijft echter een grote uitdaging. Weten wat er in de bodem zit is één. Begrijpen hoe alles samenhangt en hierop sturen is de volgende stap. Op dit onderwerp is nog veel (fundamentele) kennis nodig zoals: welke organismen zijn goed, wat is biologisch een goede/gezonde bodem, kunnen bepaalde organismen als indicatie dienen voor een goede bodem, welke interacties zijn er in het microbiom, is het microbiom te sturen met bepaalde teelthandelingen? Als deze kennis er is kan het door de sector toegepast worden om gestuurd door data de biologische bodemkwaliteit te verbeteren. De vraag hiernaar is er zowel uit telers als adviseurs.

6.3 Fruitteelt

Het volgende geeft voor de fruitteelt een overzicht van de stand van zaken t.a.v. en ontwikkelingen van weerbare teeltsystemen die minder afhankelijkheid van gewasbeschermingsmiddelen mogelijk helpt maken.

6.3.1 Weerbare teeltconcepten, incl. verbinden landbouw en natuur

Voor de fruitteelt (groot fruit – appel & peer; steenfruit – kersen en pruimen; klein fruit – bessen, frambozen en bramen) kunnen een aantal weerbare teeltsystemen of teeltconcepten benoemd worden die het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen kunnen terugdringen.

Deze vallen grofweg uiteen in zes categorieën:

1. Compartimenteren van de teelt – gericht op het aanbrengen van discontinuïteit in de levenscycli van ziekten en plagen. Voorbeelden hiervan zijn:
 - Opdelen in kleinere fytosanitaire eenheden d.m.v. netten (insectengaas). Kan onderscheiden worden in i) afschermen van perceel van de omgeving (om bv invliegen van plaaginsecten te voorkomen) en ii) in afschermen binnen perceel (door bv vroege en late cultivars fysiek te scheiden).
2. Teeltmaatregelen – discontinuïteit levenscycli van ziekten en plagen. Voorbeelden hiervan zijn:
 - Teelt van appel in sleuven (in de grond) ter vervanging van chemische grondontsmetting op zandgrond.
 - Teelt in potten en containers van bijvoorbeeld kleinfruit (frambozen, blauwe bessen).
 - Boomgaardinrichting: plantsystemen (onderlinge boom- en rij-oriëntaties) die resulteren in boomgaarden die sneller droog zijn na regen of dauw.
 - Mengteelten met twee varianten, volledig gemengd (mixed cropping) of per rij/enkele rijen (intercropping): Een schurftresistente cultivar gemengd geplant met een matig vatbare cultivar.
3. Sensingtechnieken ziekten en plagen – gerichte bestrijding van ziekten, plagen en onkruiden.
4. Plantweerbaarheid – discontinuïteit levenscycli van ziekten en plagen door plantweerbaarheid te verhogen. Voorbeelden hiervan zijn:
 - Induceren plantweerbaarheid, bijvoorbeeld door micro-organismen of silicium waardoor de aanmaak van afweerstoffen en dikke cuticula worden gestimuleerd, etc.
5. Technische maatregelen – discontinuïteit levenscycli door voorkomen vestiging van ziekten. Voorbeelden hiervan zijn:
 - Een beweegbaar dak ('Cabrio kap') dat over het gewas kan worden getrokken bij de dreiging van regen zodat het gewas niet nat wordt en vatbaar wordt voor een reeks van schimmels (klimaat beïnvloeding).

⁸⁸ <https://www.verify.nl/projecten/de-groene-tulp/>, geraadpleegd op: 23-02-2022.

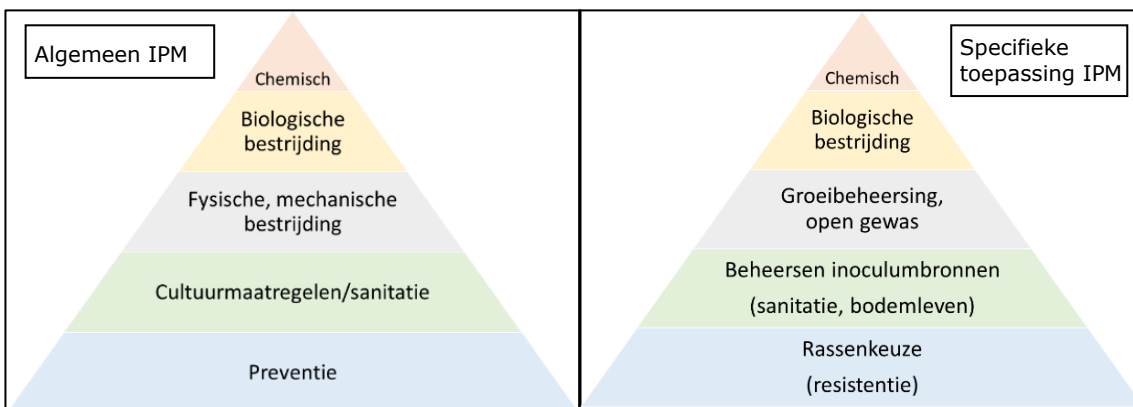
6. Ecosysteem en agrobiodiversiteit – creëren continuïteiten van natuurlijke vijanden en antagonisten tegen plagen. Voorbeelden hiervan zijn:
- Gebruik maken van functionele agrobiodiversiteit rondom het veld bijvoorbeeld d.m.v. kruidenstroken, heggen en hagen.
 - Beheer van ecosysteem in de fruitaanplant en de windsingels er omheen inclusief de preventieve inzet van generalisten, het combineren van verschillende soorten vijanden en gedragsbeïnvloeding van plagen d.m.v. geuren.

Boomgaarden zijn complexe, meerjarige agro-ecosystemen: een maatregel tegen een specifieke ziekte of plaag beïnvloedt het hele systeem. Onderzoek aan individuele ziekten en plagen in de afgelopen jaren heeft mechanismen en maatregelen geïdentificeerd die een bijdrage aan de ziekte- en plaagbeheersing kunnen leveren. Deze maatregelen hebben vaak een beperkt effect, zijn nog onvoldoende doorontwikkeld of passen niet goed in het huidige gewasbeschermingssysteem, en worden niet of beperkt in de praktijk toegepast. In onderzoek moeten daarom maatregelen die op zichzelf onvoldoende effect hebben, verder ontwikkeld worden en vervolgens in één systeem gecombineerd onderzocht worden.

Op beperkte schaal is ervaring op gedaan met het mengen van appelrassen als methode om de schurftdruk te verminderen. In deze experimenten werd een resistente cultivar gemengd geplant met een matig vatbare cultivar. Een mengaanplant met een vatbare cultivar is te risicovol voor een mogelijke schurftresistentiedoorbraak bij de resistente appelcultivar. De resultaten wijzen er op dat er een reductie van de aantasting van de matig vatbare appelcultivar door schurft mogelijk is. Aanvullende maatregelen zoals sanitatie en bespuitingen blijven nodig om schurft voldoende te reduceren (Didelot et al., 2007, 2010; Parisi et al., 2013).

Onderzoek in Engeland wees uit dat het mengen van appelcultivars met een heterogene *V. inaequalis* populatie niet leidt tot een supervirulente schurftstam (Passey et al., 2016; Xu et al., 2013).

Momenteel leunt de fruitteeltsector (geïntegreerd en biologisch) sterk op de inzet van middelen (de top van de beheersingspiramide Figuur 6.3.1). Een verschil bestaat vooral in de effectiviteit van middelen: de chemische fungiciden hebben een zeer hoge effectiviteit van >95% (in combinatie met een waarschuwingsmodel) en er zijn preventieve en curatieve middelen beschikbaar; de biologische middelen zijn minder effectief en daarom moeten deze middelen meer frequent worden ingezet.



Figuur 6.3.1 In de IPM-piramide vormen preventieve- en cultuurmaatregelen de basis. Voor de geïntegreerde en biologische sector moeten de belangrijkste knelpunten in de gewasbescherming en potentiële oplossingsrichtingen geïdentificeerd worden om de middelafhankelijkheid te verminderen. Op basis daarvan wordt een geïntegreerd systeem ontworpen.

Er zijn in Nederland geen biologische bestrijdingsmethoden beschikbaar voor de beheersing van kevers en de plagen veroorzaakt door verschillende keversoorten (appelbloesemkever en perenknopkever) zijn dan ook grote knelpunten in de biologische fruitteelt. In de geïntegreerde teelt werden voor de bestrijding vooral neonicotinoiden gebruikt. De plaagvorming door deze kevers kan mogelijk worden voorkomen door de natuurlijke weerbaarheid van de boomgaard maximaal te benutten, en selectieve, additionele maatregelen in te zetten. Welk niveau minimaal vereist is, hangt af van de som van alle andere sterftefactoren. Voor appelbloesemkever is de verwachting dat een wegvangmethode het meest in aanmerking komt als duurzame additionele bestrijdingsmaatregel.

6.3.2 Weerbare bodem, andere groeimedia en bemesting

De bodem is een belangrijke productiefactor voor de fruitteelt. Behalve als teeltsubstraat voor het gewas kan de bodem met de bodemorganismen ook een bijdrage leveren aan de beheersing van ziekten en plagen. Vooral regenwormen en oorwormen kunnen een grote invloed hebben op de beheersing van ziekten en plagen.

Regenwormen

Het aantal en de diversiteit van regenwormen in een bodem wordt beschouwd als belangrijk criterium van bodemweerbaarheid. Meerdere ziekten, zoals appel- en perenschurft (*Venturia inaequalis* en *V. pyrina*) en zwartvruchtrot (*Stemphylium vesicarium*), overwinteren in afgevallen blad en vormen in het voorjaar sporen die vanaf de grond (uit het afgevallen blad) het gewas infecteren.

Een snelle vertering van afgevallen blad is dus belangrijk om de ziektedruk te verlagen.

De grote rode regenwormsoorten (met name *Lumbricus terrestris*) maken diepe, verticale gangen en trekken hun voedsel vanaf de oppervlakte naar beneden. Deze soorten hebben grote betekenis voor de drainage van de grond en voor het in de grond werken van afgevallen blad en snoeihoutsnippen. Het opruimen van blad met overwinterende schurftinfectie of snoeihout met kankerinfectie kan het volgende seizoen de ziektedruk aanzienlijk reduceren. Om zoveel mogelijk regenwormen en micro-organismen in de bodem te sparen, is het van belang om geen koperblad-bemesting of bepaalde fungicidentoe te passen. Met aanvullende maatregelen kan de bladvertering ook worden versneld door bij droog weer de bladeren onder de bomen vandaan te poetsen naar de grasbaan en deze te versnipperen met de grasmaaier.

Oorwormen

Uit onderzoek is gebleken dat de oorworm heel belangrijk is bij de natuurlijke bestrijding van insectenplagen in boomgaarden. Door een groot deel van de plagen aan te pakken hoeven bij aanwezigheid van oorwormen minder gewasbeschermingsmiddelen toegepast worden, waardoor ook andere (nuttige) insecten en daarmee de biodiversiteit op het bedrijf toenemen. Bevordering van de oorworm is dan ook een uitgewezen manier om natuurinclusieve landbouw in de fruitteelt gestalte te geven. Omdat de oorworm meer dan de helft van het jaar in de toplaag van de bodem leeft, spelen bodemstructuur en waterhuishouding een cruciale rol in de aan- of wel afwezigheid van deze belangrijke predator.

Een goede bodemstructuur in combinatie met organische massa heeft gunstige gevolgen voor de aanwezigheid van kleine bodemdierpjes zoals springstaarten en mijten. In recent onderzoek door WUR Open teelten is aangetoond, dat de jonge oorwormen zich in de toplaag van de bodem op springstaarten en mijten voeden. Beschikbaarheid van voldoende voedsel voorkomt kannibalisme onder de jonge oorwormen en draagt zo bij tot een grotere oorwormpopulatie.

Het verbeteren van de toplaag van de bodem kan positief bijdragen aan de overwintering en voortplanting van de oorworm, en kan bestaan uit een combinatie van fysieke, biologische en chemische maatregelen, zoals:

- Fysiek openbreken van compacte grond draagt bij aan verbeterde waterhuishouding en meer lucht in de bodem.
- Toevoegen van organische massa biedt extra voedingsbodem aan kleine bodemorganismen, die door hun activiteit voor een gunstige kruimelstructuur zorgen.
- Deze structuur kan ook gunstig beïnvloed worden door chemische maatregelen zoals toevoeging van kalk of gips.

Naast een verbetering van de leefomgeving van de oorworm zal dit ook positieve effecten hebben op de vitaliteit van de bomen en op een verbeterde bladvertering (belangrijk voor de bestrijding van schimmelziektes).

Bodemkarakteristieken

Binnen een perceel kunnen bodemkarakteristieken zoals textuur, organische stof gehalte en beschikbare voedingsstoffen op korte afstand sterk verschillen. Deze verschillen hebben invloed op de homogeniteit van het gewas, waardoor binnen een perceel de opbrengst en kwaliteit van het gewas sterk kunnen variëren. In de praktijk wordt een perceel vaak wel als een uniform geheel beschouwd. Bemesting en gewasbescherming zijn dan ook vaak gebaseerd op gemiddelde behoeftes van het gewas. Dit gaat ten koste van de uniformiteit van het gewas omdat sommige delen van het perceel b.v. te veel water en/of voedingsstoffen krijgen. Nieuwe sensingtechnologieën maken het mogelijk variaties in het perceel waar te nemen. Bij sensing worden plaatsspecifieke kenmerken van de bodem in beeld gebracht. De sensinggegevens geven inzicht in de

variatie in plaats specifieke omstandigheden op het perceel. Door informatie van meerdere jaren te verzamelen wordt er een beter inzicht gecreëerd wat betreft bodem en gewas. In het PPS-project 'sensing the soil' worden onder meer de verschillen vastgesteld tussen eenmalig bepalen van verschillen in bodemkarakteristieken, b.v. bodemscans (ruimtelijke variatie), en b.v. het vochtgehalte (variatie in de tijd).

6.3.3 Robuuste rassen

Binnen de huidige gangbare fruitteelt wordt de ideale appel/peer omschreven als: levert een voldoende hoge productie, heeft een goeie maat en een uitstekende vruchtkwaliteit, bewaart goed en blijft ook lang goed bij uitstalling in een winkel. Daarnaast moet dat ideale ras ook een robuust ras zijn, i.e. een ras dat van nature zo min mogelijk gevoelig is voor ziekten en plagen, en zeker resistent zijn tegen schurft.

Een eerste vereiste bij de introductie van nieuwe appelrassen is dus een resistentie tegen appelschurft. Er is een groot aantal resistentiegenen bekend (Bus et al. 2011; Khajuria et al. 2018). Het meeste geteelde appelras 'Elstar' en het meest geteelde perenras 'Conference' in Nederland (ook in biologische teelt) hebben echter geen resistentie tegen schurft, en moeten zeker 10-20x per seizoen tegen schurft bespoten worden. Op dit moment hebben de meeste (nieuwe) schurftresistente appelrassen (zoals Santana, Topaz en Natyra) 1 resistentiegen (Vf/Rvi6). De schurftschimmel doorbreekt deze

resistentie relatief gemakkelijk. De appelrassen Santana en Topaz zijn op veel locaties al niet meer schurftresistent. Op dit moment is de aanbeveling om tenminste 3 resistentiegenen te gebruiken voor een goede schurftresistentie (Papp et al. 2020; Patocchi et al. 2020). Het inkruisen van resistentie in fruitgewassen is een langdurig proces (Figuur 6.3.2).

Met CRISPR/Cas9 kan het resistentie-veredelingsonderzoek versneld worden. Het streven is dan om meerdere resistentiegenen in te bouwen. De standaardfruitrassen zoals Elstar voorzien van het Vf-gen lijkt geen zinvolle weg, omdat deze monogene rassen nog steeds regelmatig bespoten moeten worden om resistentiedoorbreking te voorkomen.

Een groot aantal instituten voert mondiaal onderzoek uit naar appelschurft (o.a. WUR (NL), INRA (FR), Plant & Food (NZ)); vaak in gezamenlijk uitgevoerde projecten zoals: VINQUEST⁸⁹, FRUITBREEDOMICS⁹⁰, DARE - Durable Apple Resistance in Europe, en LIVESEED⁹¹.

Peer is het belangrijkste Nederlandse fruitgewas, en heeft met een oppervlakte van ruim 10,000 ha het grootste areaal, waarvan 80% bestaat uit het ras Conference. Het onder controle kunnen houden van perenschurft (*Venturia pirina*) is een basisvoorwaarde voor een succesvolle teelt. Sinds enkele jaren wordt het hoofdperenras Conference echter als zeer vatbaar geclassificeerd: de schimmelpopulatie is zich steeds meer aan het aanpassen en wordt daarbij geholpen door de monocultuur. Het gebrek aan inzicht in de infectiebiologie van perenschurft is één van de oorzaken van de problemen bij de schurftbestrijding op peer (Timmermans et al., 2009; Trapman et al., 2012). De biologische fruitteelt wordt hier als eerste mee geconfronteerd door gebrek aan effectieve gewasbeschermingsmiddelen & maatregelen, en bij gebrek aan alternatieve rassen die resistentie combineren met kwaliteit en productiviteit.



Figuur 6.3.2 Klassiek inkruisen van Vf gen in appel

⁸⁹ <http://www.vinquest.ch/>

⁹⁰ <https://www.wur.nl/nl/project/FruitBreedomics-2.htm>

⁹¹ <https://www.liveseed.eu/2018/organic-apple-breeding-network/>

Om een robuust en weerbaar perenteelstelsel te verkrijgen zijn voor de biologische teelt en de gangbare teelt daarom nieuwe, robuustere perenrassen gewenst en noodzakelijk.

Nederland kent één commercieel veredelingsprogramma in appel (Fresh Forward Marketing & Breeding BV). Dit programma is zomer 2019 overgenomen van Wageningen Research. In Nederland is geen programma voor veredeling van peer.

In de geïntegreerde teelt neemt momenteel de kankerproblematiek toe als gevolg van het toenemende aandeel van vatbare maar goed smakende rassen, de verminderde beschikbaarheid van effectieve gewasbeschermingsmiddelen, de toename van bloedluis (*Eriosoma lanigerum*) en veranderingen in teeltmanagement. Ook het toenemende (?) gebruik van schurftresistente rassen versterkt de overige ziekteproblematiek doordat bespuitingen tegen schurft vervallen, terwijl deze ook werken tegen vruchtboomkanker en schil-aantasters zoals regenvlekkenziekte. In de biologische teelt is de problematiek nog groter, doordat hier nog minder gewasbeschermingsmiddelen beschikbaar zijn dan in de geïntegreerde teelt. De biologische teelt is grotendeels afhankelijk van weerbare rassen en arbeidsintensieve en daarbij kostbare sanitaire maatregelen zoals bladruimen. Er is een groot gebrek aan rassen die kwaliteit, productie en afzetmogelijkheden combineren met goede weerbaarheid tegen o.a. vruchtboomkanker.

Ook voor andere ziekten in appel zoals meeldauw, vruchtboomkanker en plagen als appelbloedluis zijn veredelingsprogramma's, maar vaak op een veel kleinere schaal dan voor appelschurft. Inmiddels wordt vruchtboomkanker bij appel geïdentificeerd als een andere belangrijkste bottleneck in de veredeling van nieuwe rassen voor NW-Europa waarop grip moet worden verkregen. Gezien de complexiteit van resistentie, is door Fresh Forward de beslissing genomen om hier actief en langdurig in te investeren, bij voorkeur in samenwerking met andere actoren in de sector en met kennispartners. Het veredelingsprogramma Fresh Forward Marketing & Breeding BV is het enige in Europa dat al meer dan 30 jaar bewust rekening houdt met resistentie tegen vruchtboomkanker. Dit door enerzijds zoveel mogelijk kruisingen te maken waarbij tenminste een van de ouders een redelijk tot goede resistentie heeft, en anderzijds kruisingen tussen twee zeer vatbare ouders te vermijden. Deze strategie maakt dat resistentiegenen op populatieniveau in het programma aanwezig zijn en blijven, maar sluit niet uit dat een individueel nieuw ras weinig weerstand heeft. Echter, appelveredeling is een langdurig proces: tussen kruisen en selectie zit al gauw 20 jaar. In afwezigheid van een betrouwbare toets wordt het programma niet makkelijk bijgestuurd.

Voor de biologische fruitteelt speelt het probleem dat de bekende fruitrassen (Elstar, Jonagold, Conference) door hun ziektegevoeligheid niet erg geschikt zijn voor de biologische productie in het Nederlandse klimaat. Er zijn andere, beter geschikte rassen beschikbaar, maar de supermarkten kopen nog te weinig van deze andere rassen in. Hierdoor blijft de hoofdteelt in de biologische fruitteelt uit ziektegevoelige rassen bestaan. Omdat een appelboom 15 jaar en een perenboom 40-50 jaar meegaat is overstappen op een nieuw, robuust ras voor een fruitteler risicovol. Toch kunnen robuuste rassen een sleutel zijn om de afhankelijkheid van middelen te verminderen. Op Proeftuin Randwijk zijn in de afgelopen jaren een groot aantal nieuwe rassen met resistenties of verminderde vatbaarheden geplant. Deze nieuwe rassen worden geteeld onder een regime van biologische bestrijding en onder een regime van een beperkte inzet van chemische gewasbeschermingsmiddelen.

6.3.4 Gezond uitgangsmateriaal

Toetsingen worden uitgevoerd door NAK-Tuinbouw en vermeerderingstuinen. De productie van bijvoorbeeld vruchtbomen vindt onder certificering plaats. Een aantal ziekten en plagen, zoals vruchtboomkanker, maken geen onderdeel uit van het certificeringssysteem.

6.3.5 Inzet van nuttige organismen

Zie ook paragraaf 5.2 rond bodem (regenwormen en oorwurmen).

De inzet van antagonisten voor de beheersing van ziekten in de fruitteelt vindt nog weinig plaats. Op dit moment is een aantal producten toegelaten met 3 verschillende antagonisten: Blossom Protect (*Aureobasidium pullulans*); Serenade SC (*Bacillus amyloliquifaciens* str. QST 713) en Xen Tari WG, Delfin e.a. (*Bacillus thuringiensis*) waarvan de werking gebaseerd is op directe werking van antagonisten tegen ziekten/plagen. Blossom Protect wordt tegen bacterievuur ingezet. Serenade heeft een geclaimde brede werking tegen schimmels en Xen Tari tegen fruitmot.

Er zijn echter geen antagonisten beschikbaar tegen de belangrijkste ziekten in appel en peer (schurft, zwartvruchtrot, vruchtboomkanker). In het project Biocomes⁹², hierbij werd voor fruitgewassen een antagonist tegen *Monilinia* gezocht. In het project BioNeedit <https://www.wur.nl/en/project/eu-project-bioneedit-develops-new-biological-control-agents-against-european-fruit-canker-disease.htm>, werden antagonisten van vruchtboomkanker gezocht. De antagonist *Cladosporium cladosporioides* H39 (Kohl et al., 2015) blijkt effectief tegen appelschurft. Deze antagonist is echter nog niet als geformuleerd product beschikbaar en heeft nog geen toelating. H39 moet daarnaast in een schurftbeheersingsstrategie worden ingepast.

Antagonisten zouden ook benut kunnen worden door substraten preventief door antagonisten te laten koloniseren, waardoor pathogenen geen kans krijgen op het substraat te vermeerderen of sporen te vormen. Uit onderzoek is gebleken dat bijvoorbeeld de antagonisten *Athelia bombacina* (Heye & Andrews, 1983) and *Microphaeropsis* sp. (Carisse et al., 2000) de productie van schurft-ascosporen in afgevallen blad significant kunnen verminderen. Ook voor zwartvruchtrot (*Stemphylium vesicarium*) bij peer kan de antagonist *Trichoderma* sp. een dergelijk effect bereiken. Onderzoek naar de juiste stammen van deze antagonisten is nodig, evenals methode van toedienen en naar het ontwikkelen van een geformuleerd product. Daarnaast is het gebruik van een antagonist alleen niet voldoende om een ziekte of plaag te beheersen. Deze methode moet onderdeel zijn van een beheersstrategie bestaande uit een geheel van maatregelen en middelen.

6.3.6 Geïnduceerde weerbaarheid

In de laatste jaren zijn veel 'groene' producten ontwikkeld en getoetst op werking tegen schurft. Buiten Nederland wordt vaak koper als biofungicide toegepast – dat is Nederland niet toegestaan. Koper is weliswaar effectief, maar heeft een negatief effect op het milieu (bv het bodemleven). In de EU is het streven om het kopergebruik sterk terug te dringen. Verschillende EU-projecten (zoals REPCO en CO-FREE) hebben hier aan een bijdrage geleverd. Een terugkerende opmerking is dat het wegvallen van koper de productie van biologische appels economisch bemoeilijkt vanwege onvoldoende beheersing van het schurftprobleem. Deze 'groene' middelen zijn grofweg onder te verdelen in Biologische Control Agents (BCA's, zoals antagonisten), middelen met een actieve stof en directe werking tegen schurft, en plantweerbaarheidsversterkers (zie onder andere de volgende referenties voor groene middelen: Bengtsson et al., 2004; Cromwell et al., 2011; Kelderer et al., 2015; Köhl et al., 2015). In het algemeen hebben deze middelen een beperkte effectiviteit. In de geïntegreerde teelt wordt vaak getoetst of chemische fungiciden in een lagere dosering met 'groene' middelen gecombineerd kunnen worden om zo de inzet van chemie te verminderen.

In de afgelopen jaren is er veel aandacht voor stoffen en middelen die de weerbaarheid van de bodem en het gewas vergroten en/of versterken. De weerbaarheid kan vergroot worden door bijvoorbeeld antagonisten die concurreren of een direct effect hebben op de ziekte- of plaagveroorzaker. Daarnaast kunnen stoffen het afweermechanisme van het gewas 'aanzetten' voordat de ziekteverwekker aanvalt.

Het effect van verschillende plantafweerversterkers tegen appelschurft is onderzocht. Tot nu toe zijn er nog geen grote effecten vastgesteld. Dat wordt deels verklaard omdat de schurftschimmel een specialistische schimmel is waar algemene afweermechanismen weinig effect op hebben, of omdat de toegediende stoffen niet het specifieke afweermechanisme tegen schurft in gang zetten (Abbasi et al., 2019; Cova et al., 2017; Felipini et al., 2016; Marolleau et al., 2017; Percival et al., 2009; Sandroni et al., 2020).

⁹² <https://www.wur.nl/nl/Onderzoek-Resultaten/Onderzoeksprojecten-LNV/Expertisegebieden/kennisonline/EU-BIOCOMES-1.htm>

6.3.7 Data gedreven landbouw/precisielandbouw

Optimaliseren van spuittechnieken voor de fruitteelt vindt momenteel plaats in de PPS Innovatieve emissieloze toedieningstechnieken 4.0 (LWV19035/BO-67-001-020). Op de weg naar weerbare planten en teeltsystemen (2030) blijft voorlopig nog behoefte aan gewasbeschermingsmiddelen. De toediening ervan moet uiteindelijk nagenoeg zonder emissies naar de leefomgeving en nagenoeg zonder residuen op de producten. Om dit te kunnen realiseren zijn verdere stappen nodig in de concepten van precisielandbouw, en dan met name ook in de precieze toediening van de gewasbeschermingsmiddelen. De huidige precisietoedieningstechnieken gaan veelal nog uit van beperkte aanpassingen van de dosering op basis van satelliet-, drone-, sensorgegevens en persoonlijke waarnemingen.

Door de techniek verder aan te passen aan het doel wat behandeld moet worden en de minimale effectieve dosering die van een middel nodig is, kunnen vergaande besparingen aan middelgebruik gerealiseerd worden. Dit leidt dan naast een volumereductie in gebruik aan middelen ook tot beperking van de emissie van middelen naar de leefomgeving; dus geen of minimale blootstelling van wateroppervlak, niet-doelwit zones en omwonenden. Ook wordt de depositie op de grond met de nieuwe technieken geminimaliseerd. Hierdoor reduceert de afspoeling van de percelen en de uitspoeling naar grondwater en via de drains naar het oppervlaktewater. De innovatieve technieken moeten leiden tot (1) hogere depositie op het gewas, (2) een verbeterde effectiviteit van de gebruikte gewasbeschermingsmiddelen, (3) minder middelgebruik, (4) minder emissie voor een al reeds vastgestelde drift reducerende techniek. Hierdoor is het mogelijk om voor technieken met een minimale driftreductie van 95% nog verdere stappen te zetten in emissiereductie (naar >99%), de reductie van andere emissieroutes naar wateroppervlak en zal de emissie naar de bodem sterk reduceren.

In de fruitteelt staat de stap naar precisielandbouw nog in de kinderschoenen. Verschillende onderzoeksprojecten waar Wageningen Research aan heeft deelgenomen, hebben geleid tot prototypes van verschillende vormen van precisieboomgaardspuiten (PeciSpray, ISAFruit, Endure, Pure, Innovaties in het Kwadraat). Aansluiting met en implementatie in de praktijk is echter nooit goed ontwikkeld. Een marktklare precisieboomgaardspuit die met een groensensor alleen de bomen spoot en niet de gaten ertussen (TargetSpray; Koch & Weisser, 2000; Wenneker et al., 2003) heeft niet doorgezet omdat na overname van de NL-fabrikant door een internationaal bedrijf de fruitteeltsputten niet meer in het assortiment opgenomen werden.

Precisiesputten in de fruitteelt heeft zich in eerste instantie gericht op het wel/niet spuiten van de groene delen van de bomen (TargetSpray). De aanwezigheid en omvang van het bladerdek werden gebruikt om de spuit aan/uit te schakelen. Zo werd alleen het doel bespoten. Commerciële versies van deze putten werden in beperkte mate verkocht. Experimentele precisiesputten richtten zich naast doelherkenning vooral ook op aanpassing van de dosering van het gewasbeschermingsmiddel afhankelijk van de omvang en dichtheid van het bladerdek: gewasafhankelijk spuiten of Canopy Density Spraying (Meron et al., 2003; Zande et al., 2003). Streven hierbij is dat op ieder blad van de boom evenveel middel terecht komt. Dit wordt gestuurd door sensoren op de spuit (ultrasoon – Gil et al., 2007, Balsari et al., 2008; stereo-camera – Meron et al., 2003; laser, lidar - Nieuwenhuizen & Zande, 2012) die de bladmassa vastleggen en in de spuitcomputer vertaald wordt naar met hoeveel spuitdoppen op welke hoogte van de spuit gespoten moet worden (Sijbrandij et al., 2012). Hierdoor wordt in bv. drie of vijf hoogtelagen het spuitvolume aangepast aan de hoeveelheid blad. Een eerste aanzet is gemaakt naar de ontwikkeling van sensoren voor de detectie van ziekten (ISAFruit) om plaatsspecifiek te kunnen spuiten (Michielsen et al., 2014).

Precisiesputten voor de fruitteelt die op basis van een taakkaart gestuurd worden in de bespuiting (aan/uit of variabel doseren) is recent in het PPS-project Fruit 4.0 ontwikkeld. De spuit kan op taakkaart per individueel boom aan/uit schakelen en binnen de te bespuiten boom bovendien nog op basis van groendetectie-sensoren de snel schakelende PWM-sputdoppen (PWM = pulse width modulation, pulsbreedte modulatie) alleen daar laten spuiten waar de boomkroon daadwerkelijk aanwezig is. PWM wordt in de akkerbouw al meer toegepast. Deze modulatietechniek stuurt in een vaste frequentie pulsen uit waarvan de breedte gevarieerd wordt. Kleppen die zo aangestuurd worden, kunnen heel precies de hoeveelheid vloeistof naar een dop doseren. Op basis van de ingestelde liters spuitvloeistof per kubieke meter gewasvolume en het gemeten volume van het gewas op een bepaalde hoogte, wordt het spuitvolume van de verschillende doppen met de PWM-techniek ingesteld.

Er is veel interesse in het onderzoek naar 2D teeltsystemen. De voornaamste redenen hiervan zijn een verbeterde lichtinterceptie, vruchtkwaliteit en productie. Daarnaast worden intensieve boomgaardssystemen vooral gebruikt om de arbeid te reduceren. Bovendien bieden deze systemen mogelijkheden om aan precisiefruitteelt te doen (Gallardo en Brady, 2015; Lang en Whiting, 2019). Hierbij worden robotisatie en remote sensing technieken gebruikt om snoeien, dunnen en de oogsten rendabeler uit te kunnen voeren. Redelijk recent is het gebruik van drones, veelal uitgerust met hyperspectrale camera's als sensoren. Het onderzoek naar gebruik van deze camera's is volop in ontwikkeling. Het gaat hierbij dan vooral om informatie over de optimale spectrale bandcombinatie voor bijv. biomassaschatting, onkruidherkenning of stikstoftekort. Daarnaast wordt ook verwacht dat (realistische) digitale boomgaarden een belangrijke meerwaarde zullen bieden voor sensorontwerp en -validatie, en optimalisatie van teeltsystemen (Gené-Mola et al. 2020; Iqbal et al., 2020; Hong et al., 2018a,b).

6.4 Akkerbouw en vollegrondsgroenten

Het volgende geeft voor de akkerbouw en vollegrondsgroenten een overzicht van de stand van zaken t.a.v. en ontwikkelingen van weerbare teeltsystemen die minder afhankelijkheid van gewasbeschermingsmiddelen mogelijk helpt maken.

Het areaal van de Nederlandse akkerbouw omvat in 2021 529.000 ha⁹³. Meest geteelde gewassen zijn uien, aardappelen, suikerbieten, tarwe en gerst.

Belangrijke gewassen in de vollegrondsgroenten zijn spruitkool, sluitkool, prei, asperges, aardbeien, bloemkool, sla en broccoli (bron: Agrimatie⁹⁴). Het totale areaal van de vollegrondsgroenten betreft 26957 ha⁹⁵.

Om minder afhankelijk te zijn van chemische gewasbeschermingsmiddelen wordt gewerkt aan weerbare teeltconcepten, die zoveel mogelijk gericht zijn op preventie. Voorkomen is immers beter dan genezen. Voor die momenten waarop ingrijpen dan toch noodzakelijk is, wordt gewerkt aan een effectief middelen- en maatregelenpakket. In hoofdstuk 5 wordt kort in algemene termen beschreven welke componenten van belang zijn voor een weerbaar teeltconcept, en in hoofdstuk 6.1 tot en met 6.3 wordt omschreven welke (conceptuele) ontwikkelingen en teeltconcepten in ontwikkeling zijn voor de bollen, glastuinbouw en fruitsectoren. In dit hoofdstuk worden de ontwikkelingen geschetst voor de akkerbouw en vollegrondsgroententeelt.

6.4.1 Weerbare teeltconcepten, incl. verbinden landbouw en natuur

Voor de akkerbouw en vollegrondsgroententeelt is een raamwerk ontwikkeld voor de beheersing van ziekten, plagen en onkruiden (Riemens et al., 2022, Sikora et al., 2022). Het raamwerk is gebaseerd op de aanname dat meerdere tactieken, middelen en maatregelen gecombineerd moeten worden om de levenscyclus van ziekten, plagen en onkruiden te verstoren en zo de noodzaak tot ingrijpen met chemische gewasbeschermingsmiddelen te verminderen. De aanpak van ziekten, plagen en onkruiden in akkerbouw en vollegrondsgroenten, volgens de principes van geïntegreerde gewasbescherming is gebaseerd op vijf pijlers:

- Gewasdiversiteit in tijd en ruimte,
- Robuuste rassen
- Duurzaam bodembeheer
- Monitoring en evaluatie
- Gerichte bestrijding

1. Gewasdiversiteit

Gewasdiversiteit kan op twee manieren toegepast worden: verhoging van het aantal gewassen in de tijd of door verhoging van het aantal gewassen in de ruimte.

⁹³ <https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2021/26/areaal-akkerbouw-in-2021-licht-toegenomen>

⁹⁴ <https://www.agrimatie.nl/ThemaResultaat.aspx?subpubID=2232&themaID=2286&indicatorID=2040>

⁹⁵ <https://www.agrimatie.nl/SectorResultaat.aspx?subpubID=2232§orID=2246>

Door een goed doordachte gewasvolgorde (afwisseling in de tijd) kan een stevige preventieve basis voor een weerbaar teeltsysteem gelegd worden. Daarbij moeten nadrukkelijk ook groenbemesters meegenomen worden in de afweging. Een waardplant is een gewas dat als gastheer kan fungeren voor een ziekte of plaag. Door zo min mogelijk gewassen na elkaar te telen waarop een ziekte of plaag zich kan voeden en/of vermeerderen, wordt voorkomen dat de populatie van een ziekte of plaag in de loop van de tijd toeneemt en schade steeds verder oploopt. Dit is maatwerk op bedrijfs- en perceelniveau. Bovendien moet rekening gehouden worden met overleving en vermeerdering van ziekten en plagen op gewasresten, zodat opvolgende vatbare gewassen niet alsnog aangetast kunnen raken. Deze overleving op gewasresten is relevant voor ziekten als *Alternaria* spp., *Stemphyllium* spp. en *Fusarium* spp., veroorzakers van ziekten in aardappel, ui en suikerbiet (zie ook verontrustende ziekten in Tabel 3.1). Momenteel wordt in de PPS Gewasrestenmanagent onderzocht welke manier van gewasrestenmanagement de overleving van ziekteverwerkers kan verminderen aan de hand van de overleving van *Alternaria solani* in aardappel⁹⁶.

Naast ziekte en plaagbeheersing is gewasdiversiteit van belang voor onkruidbeheersing. De gewaskeuze is in grote mate bepalend voor het type en timing van bepaalde teelthandelingen als zaaien en grondbewerking. Daarnaast bepaalt het type gewas de timing en type van de mogelijke onkruidbeheersingstechnieken. Daarmee is gewasdiversificatie bepalend voor de diversiteit aan mogelijkheden om onkruiden te beheersen en daarmee de onkruidpopulatie in een perceel. Het verhogen van de gewasdiversiteit in de tijd kan leiden tot de aanwezigheid van meer diverse vegetatie in het perceel en daarmee direct bijdragen aan ecosysteemdiensten zoals het leveren van pollen en nectar voor wilde bijen, alternatieve voedselbronnen voor nuttige insecten, en bodembedekking om erosie te voorkomen en bodemkwaliteit te bevorderen (Blaix et al., 2018).

Een relatief nieuwe ontwikkeling is het toepassen van strokenteelt waardoor het aantal gewassen in een perceel in een jaar vergroot wordt (afwisseling in de ruimte). De gedachte is dat er door de vergrote gewasdiversiteit ook meer ruimte is voor natuurlijke vijanden om te overleven en voor algemene biodiversiteit. De bijdrage van deze vormen van gewasdiversiteit aan de beheersing van ziekten, plagen en onkruiden wordt nog onderzocht (www.farmofthefuture.nl, CropMix⁹⁷). Naast het afwisselend telen van twee of meer hoofdgewassen in stroken op een perceel, kan het ook gaan om het telen van een hoofdgewas en een nevgewas, zoals een groenbemester.

2. Robuuste rassen

Voor ziekten en plagen is veel winst te behalen met een slimme raskeuze. 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 bakkwaliteit). Voor de ontwikkeling van tolerante en resistente rassen kunnen nieuwe veredelingsstechnieken zoals CRISPR-cas en cisgenese een belangrijke rol spelen. Die technieken versnellen verdelingsprocessen met enkele tot vele jaren. Zo kan de akkerbouw en vollegrondsgroententeelt veel sneller beschikken over meervoudige resistente rassen met goede vermarktbare eigenschappen. Onkruidonderdrukkende rassen of tolerante rassen kunnen, doordat ze goed met onkruiden kunnen concurreren voor licht, water en/of nutriënten, bijdragen aan een verminderde afhankelijkheid van herbiciden. Daarnaast kunnen gewassen een allelopatische werking hebben: ze produceren stoffen die kieming of groei van andere planten kunnen beperken (Betholdsson, 2005).

3. Duurzaam bodembeheer

Bodembeheer is een instrument waarmee je ziekten, plagen en onkruiden kunt beïnvloeden en schade aan het gewas kunt beperken. Daarbij speelt het type en de hoeveelheid bemesting een rol. Een goed groeiend gewas kan weerbaarder zijn tegen ziekten of plagen. Een kerende bodembewerking is effectief voor onkruidbeheersing, omdat onkruidzaden diep weggestopt worden en wortelonkruiden worden uitgeput.

⁹⁶ LWV 19003 gewasrestenmanagement tegen ziekten, BO-56-001-014, looptijd: jan 2020-31 dec 2023. <https://kia-landbouwwatervoedsel.nl/19003-2/>

⁹⁷ <https://www.wur.nl/en/newsarticle/transition-to-sustainable-arable-farming-given-new-impulse-with-10-million-research-grant.htm>

Kennis over de weerbaarheid van de bodem en concrete maatregelen om de weerbaarheid te verhogen worden nog ontwikkeld (zie hoofdstuk 6.2).

4. Monitoring en evaluatie

Preventieve maatregelen zullen niet altijd voldoende zijn en dan kunnen ziekten, plagen en onkruiden toch voorkomen. Voor telers is het dan belangrijk om precies en vroegtijdig te kunnen bepalen welke soort aanwezig is, op welke plek en in welke hoeveelheid. Beslissingsondersteunende systemen kunnen boeren en tuinders dan helpen in de afweging of ingrijpen nodig is en met welk middel of welke maatregel. Door de ontwikkeling van DNA-technieken en sensoren moet het straks mogelijk zijn om ziekten en plagen net zo goed, of misschien zelfs wel beter/eerder te kunnen waarnemen als met het menselijk oog.

5. Gerichtte bestrijding

Wanneer ziekten, plagen en onkruiden toch in een gewas aanwezig zijn, zal het soms nodig blijven om in te grijpen om te grote schade te voorkomen.

Er wordt daarom gewerkt aan de ontwikkeling van laag-risico middelen en aan het stimuleren van natuurlijke vijanden (functionele agrobiodiversiteit). Deze activiteiten worden ondersteund door ontwikkelingen op het gebied van precisielandbouw.

Door de ontwikkeling van sensoren en robotica kan een pleksgewijze bestrijding mogelijk worden, of kan de inzet van biologische bestrijders worden geoptimaliseerd. Door individuele plantherkenning kunnen onkruiden per plant door een robot bestreden worden. Data-gedreven precisiegewasbescherming ondersteunt de transparante en bewuste inzet van chemische en niet-chemische gewasbeschermingsmiddelen. Dit is veelal nog toekomstmuziek, maar de ontwikkelingen zijn gaande.

Op basis van dit raamwerk kan voor alle voorkomende ziekten, plagen en onkruiden een weerbaar teeltconcept ontwikkeld worden, waarin verschillende maatregelen en middelen gecombineerd worden. Voor elke ziekte, plaaginsect, nematode of onkruid geldt dat telers verschillende maatregelen en technieken kunnen toepassen om de levenscyclus te doorbreken. In het raamwerk worden deze maatregelen en technieken onder een van de vijf pijlers ondergebracht. Bij het ontwerpen van een teeltsysteem dat gericht is op een grotere onafhankelijkheid van gewasbeschermingsmiddelen, kan systematisch het raamwerk doorlopen worden. Als eerste wordt gestart met het bepalen van de te telen gewassen. Samen met de locatie, levert dit een lijst met potentieel voorkomende probleemsoorten op voor deze gewassen. Vervolgens worden per pijler de mogelijke maatregelen en technieken voor elk pathogeen, plaag en onkruid tegen elkaar afgewogen. Omdat deze maatregelen en technieken identiek zijn voor elk organisme, kan integraal de afweging gemaakt worden welke maatregel of techniek het beste past bij de aanpak van alle in het perceel voorkomende plaagorganismen. Dit wordt momenteel getoetst in de BO Groene gewasbescherming en bestuivers⁹⁸- casus akkerbouw, en de PPS AoZ⁹⁹.

6.4.2 Weerbare bodem en bemesting

Bodembeheer is een instrument waarmee je ziekten, plagen en onkruiden kunt beïnvloeden en schade aan het gewas kunt beperken. Daarbij speelt ook het type en de hoeveelheid bemesting een rol. Een goed groeiend gewas kan weerbaarder zijn tegen ziekten en plagen. 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 ontwikkeld. Hieronder volgt een overzicht voor de stand van zaken in de akkerbouw en vollegrondsgroenten.

Op basis van het werkingsmechanisme kan ziekteverendheid ingedeeld worden in drie typen: systeemweerbaarheid, microbiële weerbaarheid en abiotische weerbaarheid (Termorshuizen et al., 2020).

⁹⁸ Kennisimpuls Groene gewasbescherming: <https://www.wur.nl/nl/Onderzoek-Resultaten/Onderzoeksprojecten-LNV/Expertisegebieden/kennisonline/Kennisimpuls-Groene-Gewasbescherming.htm?f11371384=10>,

⁹⁹ PPS AoZ; Integrale aanpak gewasbescherming voor de akkerbouw op zand: <https://www.wur.nl/nl/show/integrale-aanpak-gewasbescherming-voor-de-akkerbouw-op-zand.htm>

Zoals beschreven in hoofdstuk 6.2 wordt onder systeemweerbaarheid verstaan: het onderdrukken van bodempathogenen door middel van vruchtwisseling en/of de teelt van specifieke pathogeen-onderdrukkende gewassen (groenbemesters). Met een goed doordachte vruchtwisseling kan schade door een groot aantal verschillende bodemziekten beperkt of voorkomen worden. Voor de akkerbouw- en vollegrondsgroenten is een database ontwikkeld (www.Best4soil.eu) waarin telers informatie kunnen vinden over waardplantgeschikt- en schadegevoeligheid van gewassen en groenbemesters voor plant parasitaire nematoden en bodemschimmels. Met deze informatie kan de meest geschikte rotatie van cash crops, andere productiegewassen en groenbemesters worden samengesteld. Momenteel wordt gewerkt aan een (digitaal) overzicht voor bodeminsecten (Project KoM Kennistransfer Plantgezondheid).

Een goed gekozen gewasrotatie alleen is niet voldoende voor een acceptabele beheersing van bodemziekten. Als een perceel besmet is met een complex van pathogenen en/of polyfage soorten (pathogenen die zich op veel verschillende gewassen kunnen vermeerderen) is het lastig om door gewasrotatie de pathogenen voldoende te onderdrukken. Alleen het verbeteren van de systeemweerbaarheid is dus niet altijd afdoende, soms zijn aanvullende maatregelen nodig om schade door bodemziekten te voorkomen.

WUR heeft een programma ontwikkeld (www.gezondgewastool.nl, eveneens in het kader van het project KoM Kennistransfer Plantgezondheid in samenwerking met BO Akkerbouw), vergelijkbaar aan de opzet van het aaltjes-en schimmelschema, waarin een teler op eenvoudig manier kan zien welke bodemmaatregelen effectief zijn tegen de pathogenen (plant parasitaire nematoden, bodemschimmels) in zijn perceel (zie ook Termorshuisen et al., 2020). Bodemplagen zijn daarin nog niet opgenomen.

In 2021 is door Rozen et al, een overzicht gemaakt van beschikbare kennis over de beheersing van de belangrijkste bodemplagen in de akkerbouw door bodemmaatregelen (Rozen et al., 2021).

De teelt van groenbemesters is een belangrijk onderdeel van de vruchtwisseling. Groenbemesters worden om verschillende redenen geteeld: organische stofvoorziening, stikstofbinding, mineralenvoorziening volggewas, verbetering bodemstructuur, bestrijding water- of winderosie of een combinatie van deze. Afhankelijk van het (hoofd)doel kiest de teler de meest geschikte groenbemester. Momenteel is een (digitale) groenbemester-beslisboom in ontwikkeling (PPS Groenbemesters). Met deze tool kunnen telers op basis van teeltdoel(en) de meest geschikte groenbemester selecteren. Tot deze tool beschikbaar is, is het Handboek Groenbemesters¹⁰⁰ dé plek waar alle beschikbare informatie over groenbemesters verzameld is. Naast de hiervoor genoemde eigenschappen worden groenbemesters ook ingezet om plantparasitaire nematoden te beheersen. Groenbemesters kunnen echter ook van waarde zijn voor bepaalde bodemziekten en nematoden. Informatie over waardplantstatus van de belangrijkste groenbemesters en nematodensoorten is terug te vinden in de databases van Best4Soil. Hier wordt de meest ongunstige situatie (risicovermeerdering) weergegeven. Onduidelijk is nog welk effect het zaai- en ook het afbreekmoment van de groenbemester is op de nematoden- en schimmelpopulatie.

Een aantal groenbemesters bezitten de eigenschap dat deze bepaalde plantparasitaire nematodensoorten actief bestrijden. Door de teelt van deze groenbemesters wordt de populatie actief bestreden (sterkere afname dan de natuurlijke sterfte). Telers zetten bladrammenas in voor de bestrijding van bietencysteaaltjes en raketblad (of aardappel als vanggewas) voor de bestrijding van aardappelcysteaaltjes. Momenteel wordt *Tagetes patula* (Afrikaantjes) ingezet voor de bestrijding van het wortellesieaaltje. Een geslaagde tagetesteelt (gezaaid voor half juli, zonder onkruid) reduceert de wortellesieaaltjespopulatie zo sterk dat de besmetting meerdere jaren zeer laag blijft, ondanks dat er waardgewassen worden geteeld. Door dit duureffect is de teelt van deze relatief duurdere groenbemester, ook een economisch rendabele maatregel in de akkerbouw. Ook wanneer in de rotatie een graanteelt wordt vervangen door een teelt van tagetes (Handboek Groenbemesters, Sikora e.a., 2022) is deze nog economisch rendabel.

Mengsels van groenbemesters staan volop in de belangstelling omdat de positieve eigenschappen van verschillende groenbemesters worden samengebracht in het mengsel. Verondersteld wordt dat deze mengsels, ten opzichte van de teelt van een enkelvoudige groenbemester een sterker (positief) effect hebben op de biodiversiteit (boven- en ondergronds), bodemstructuur en bodemvruchtbaarheid (vastleggen en vrijkomen van nutriënten). Doordat er meerdere gewassen worden geteeld, is er echter ook een groter risico op vermeerdering van bodempathogenen. Voor nematoden is aangetoond dat als er waardgewassen in het mengsel zitten, de populatie (aaltjesbesmetting) sterk kan toenemen.

¹⁰⁰ Handboek groenbemesters

Of de positieve effecten opwegen tegen de mogelijk negatieve effecten is nog onduidelijk en waarschijnlijk sterk afhankelijk van het specifieke mengsel en de bodemsituatie. In de PPS Groenbemesters wordt hier onderzoek naar gedaan.

Het beheersen van bodemziekten door vruchtwisseling op huurpercelen is vaak niet mogelijk omdat percelen kortstondig, vaak maar voor 1 jaar, worden gehuurd. Er is dan weinig aandacht voor het verbeteren van de bodemkwaliteit. Ook ontbreekt vaak informatie over de eventuele aanwezigheid van bodemziekten.

Microbiële ziektevermindering kan worden bevorderd door:

- a) Toepassing van biologische bestrijders en door toepassing van organische stof/organische reststromen.

In de literatuur worden meerdere voorbeelden genoemd van bodems die pathogenen van nature onderdrukken. Maar in de praktijk komen van nature sterk ziekteverminderende bodems erg weinig voor. Pogingen om bodems ziekteverminderender te maken door bepaalde micro-organismen aan de bodem toe te voegen zijn vaak niet succesvol. Het effect is erg wisselend en vaak gering. Zeker bij zwaarder besmette gronden is de effectiviteit van dit soort middelen onvoldoende.

- b) Toepassing van organische stof/organische reststromen.

In onderzoek, onder geconditioneerde omstandigheden werden positieve effecten op de bodemweerbaarheid tegen onder andere *Rhizoctonia* gevonden door het toepassen van specifieke organische stofbronnen zoals chitine en haar-en veermeel (Postma). In veldexperimenten kon de ziektevermindering echter niet aangetoond worden (Postma et al., 2013, 2020).

In bijzondere situaties, op zandgronden met een zeer laag organisch stofgehalte en bodems die sterk verstoord zijn, zoals na een chemische grondontsmetting of inundatie, lijkt het wel mogelijk om door toepassen van organisch materiaal de (algemene) bodemweerbaarheid te verbeteren (Van Os, 1999). Over de effecten van toediening van specifieke vormen van organische stof (zoals chitine, biochar, cellulose, lignine) op bodemplagen is nog weinig bekend (Rozen, et al., 2021).

Ook het sturen op abiotische bodemfactoren kan de ziektevermindering van de bodem tegen bepaalde pathogenen verbeteren. Zo is algemeen bekend dat met bekalken de aantasting van knolvoet in o.a. koolgewassen wordt onderdrukt. Een maatregel die ook bij kan dragen aan de bodemweerbaarheid is gereduceerde grondbewerking. Minder intensieve grondbewerking heeft positieve effecten op het organisch stofgehalte en bodemleven (D'Hose, 2018). Dit betekent echter niet direct dat deze bodems ook (biologisch) weerbaarder zijn. Er zijn voorbeelden dat de weerbaarheid (getoetst in biotoetsen waar een pathogeen wordt toegevoegd) tegen *Pythium* kan toenemen door gereduceerde grondbewerking toe te passen (BASIS, niet gepubl., J. Postma; Bongiorno et al., 2019). Voor *Rhizoctonia* waren de resultaten wisselend, maar gemiddeld was er geen effect (Kurm et al., submitted). Algemeen kan gesteld worden dat een goede bodemstructuur stress beperkt en het gewas daardoor minder kwetsbaar maakt; een goed groeiend gewas is (vaak) minder gevoelig voor ziekten en plagen.

Een bijzondere meststof zijn de biostimulanten. Gevonden positieve effecten treden in de akkerbouw vooral op in "schrале" bodems, met een laag organische stof gehalte en weinig bodemleven (onder ongunstige groeiomstandigheden van het gewas). Biostimulanten spelen op dit moment nog geen grote rol in de open teelten omdat de werking onvoldoende of onvoldoende betrouwbaar is (Termorshuizen¹⁰¹). Biostimulanten die de plantengroei bevorderen en ook pathogenen bestrijden (multiple effect) hebben meer perspectief, maar dan is een toelating als bestrijdingsmiddel nodig.

6.4.3 Robuuste rassen

Akkerbouw- en vollegrondsgroentegewassen die bestand zijn tegen ziekten, en plagen, tolerant zijn of onkruidonderdrukkend, vormen een belangrijke bouwsteen van een weerbaar teeltsysteem. Door, waar mogelijk, te kiezen voor rassen die minder gevoelig zijn voor ziekten en plagen, wordt de kans op infectie verlaagd. Onder hoge ziektedruk kunnen minder gevoelige rassen echter nog steeds ziek worden. Ondersteuning van de resistente rassen met een "low-input" spuitstrategie is in veel gevallen nodig. Resistente rassen kunnen toch ziek worden omdat binnen sommige pathogeen-populaties heel erg veel varianten voorkomen. Sommigen daarvan kunnen een resistent ras aantasten.

¹⁰¹ <https://bodemplant.nl/2020/01/06/lezing-biostimulanten-2/>

Een bekend voorbeeld hiervan zijn *Phytophthora* populaties, die toch voor aantasting in resistente aardappel kunnen zorgen. Daarnaast ontbreekt het nog aan rassen die bestand zijn tegen meerdere pathogenen en plagen. Het is daarom van belang dat de weerbare rassen in een teeltsysteem ingepast worden waar ze ondersteund worden door andere middelen en maatregelen. Een project dat zich hierop richt voor de aardappelteelt is de pilot "Ontwikkeling duurzame teelt consumptieaardappelen in ketenperspectief" onder het Uitvoeringsprogramma gewasbescherming 2030.

Verschillende veredelingsprojecten onder de topsector LWV zijn gericht op weerbare rassen:

Projectenoverzicht – Kia Landbouw Water Voedsel (kia-landbouwwatervoedsel.nl).

6.4.4 Gezond uitgangsmateriaal

Momenteel is de productie van pathogeen-vrije zaden afhankelijk van de combinatie van fungicidetoepassingen tijdens de zaadteelt en fysische en chemische zaadverwerkingstechnieken tijdens de verdere verwerking, die het microbiom van de zaden kunnen beschadigen. Er wordt gewerkt aan een concept waarin een intact microbiom op of in het zaad centraal staat, en een positieve bijdrage aan de gezondheid van de zaden en zaailingen kan hebben. In het concept worden micro-organismen toegevoegd aan de zaden.

Deze zogenaamde biological control agents (BCAs) worden getoetst op hun bijdrage aan de weerbaarheid van planten tegen ziekten en plagen, en onderzocht op houdbaarheid¹⁰². Tabel 6.4.1 geeft een overzicht van toegelaten BCAs voor toepassing in akkerbouw en vollegrondsgroenten.

6.4.5 Inzet van nuttige organismen

Er worden relatief weinig micro- en macro-organismen ter bestrijding van ziekten, plagen en onkruiden ingezet in de akkerbouw en vollegrondsgroenten teelt. Een op een chemische gewasbeschermingsmiddelen vervangen door een biologisch middel is meestal geen optie. De middelen zijn vaak onvoldoende effectief in het huidige teeltsysteem. De producten, micro- en macro-organismen, zullen gecombineerd moeten worden met andere middelen en maatregelen, in een integrale aanpak (zie ook paragraaf 6.4.1). De ontwikkeling van biologische bestrijders voor de akkerbouw en vollegrondsgroenten zal simultaan met de ontwikkeling van de weerbare teeltsystemen moeten verlopen.

Tabel 6.4.1 Overzicht van toegelaten biologische bestrijders met toepassing in de akkerbouw en vollegrondsgroenten¹⁰³

Soort	Doelorganisme	Gewas
Trichoderma spp.	Phytophthora, Rhizoctonia, Pythium, mijten, Fusarium	Aardbei, asperge, bladgroenten, bleekselderij, cichorei, graszaadteelt, karwijzaad, kervel, knolselderij, knolvenkel, kool, korinader, pastinaak, peterselie, peulgroenten, prei, rucola, sla, snijbiet, veldsla, wortelen, witlof
Bacillus spp.	Helminthosporium (Schurft), Rhizoctonia, Echte meeldauw, Fusarium, Sclerotinia, Rhizoctonia, Pythium, Septoria, Xanthomonas, Stemphyllium, bladvlekkenziekte, Alternaria, Lepidoptera (rupsen)	Aardappel, aardbei, asperge, prei, pompoen, courgette, bladgroenten, koolgewassen, Bonenteelt, ui, chicorei, erwt, graszoden, wortelen, koolzaad
Laminarine	Echte meeldauw, valse meeldauw, Vuur (Botrytis)	Aardbei, bladgroenten, peulgroenten
Pythium oligandrum	Bladvlekkenziekte (Pleospora, Ascochyta), Schurft, Rhizoctonia, Phytophthora infestans, valse meeldauw (Peronospera), Leptosphaeria, Alternaria, Fusarium, roest (Puccinia), Gaeumannomyces graminis	Bieten, aardappel, aardbei, asperge, peulvruchten, koolgewassen, Koolzaad, wintertarwe, tarwe, gerst, triticale,
Pseudomonas sp.	Zaadoverdraagbare ziekten (zaadbehandeling) Zilverschurft, lakschurft	Erwten, wortelen, rogge, tarwe, aardappel

¹⁰² LWV19097 Changing the system of seed health: an initiative of industry and research towards a paradigm shift, BO-68-001-015 (januari 2020- juni 2024).

¹⁰³ Toelatingedatabank Ctgb, februari 2022, Table 3 | Biological control using invertebrates and microorganisms: plenty of new opportunities | <https://link.springer.com/article/10.1007/s10526-017-9801-4/tables/3>

Soort	Doelorganisme	Gewas
Streptomyces sp.	Fusarium, Pythium (zaadbehandeling)	Bladgroenten, koolgewassen, ui, wortelen, pompoen
Beauveria sp.	Thrips, witte vlieg,	Aardbei, koolgewassen, peulgroenten, witlof
Coniothyrium sp	Sclerotinia	Aardappel, bieten, granen, graszaadteelt, groenbemesters, mais, cichorei, quinoa, witlof, peulvruchten, bladgroenten, koolgewassen, peulgroenten, asperge, ui, wortelen
Aureobasidium pullulans	Echte meeldauw, Botrytis,	Aardbei

Naast de inzet van biologische bestrijders is het ook mogelijk om gebruik te maken van functionele agrobiodiversiteit. Het gaat hierbij om het nemen van maatregelen die de continuïteit van de levenscyclus van antagonistische en natuurlijke vijanden bevorderen. Een voorbeeld van zonnemaatregel is een akkerrand. In landbouwgebieden komen verschillende natuurlijke vijanden voor van gewasplagen. Om effectief gebruik te kunnen maken van deze natuurlijke vijanden moeten ze ondersteund worden. Akkerranden, natuurgebieden en kleine, meerjarige landschapselementen zoals slootkanten en bossages zijn van belang voor overwintering en het vinden van alternatieve voedselbronnen wanneer op de akkers geen voedsel aanwezig is.

Spinnen, loopkevers en kortschildkevers zijn nuttige natuurlijke vijanden die zich lopend en kruipend over de bodem verplaatsen. Een meerjarige akkerrand kan deze soorten ook na de gewasgroei helpen overleven. De meeste natuurlijke vijanden doen "hun werk" in het larvale stadium, maar hebben in de adulte fase suikerrijke bronnen nodig. Dit geldt bijvoorbeeld voor sluipwespen, zweefvliegen en gaasvliegen. Roofwantsen en lieveheersbeestjes vullen hun dieet met nectar en stuifmeel aan in afwezigheid van prooi.

Een overzicht van de plantensoorten die geschikt zijn om natuurlijke vijanden aan te trekken staat beschreven in de factsheet functionele akkerranden voor plaagbeheersing, die eveneens in het kader van voornoemd KoM-project Kennistransfer Plantgezondheid is ontwikkeld.¹⁰⁴

6.4.6 Geïnduceerde weerbaarheid

In de open teelten staat de ontwikkeling van geïnduceerde weerbaarheid in de kinderschoenen. In de praktijk worden geen maatregelen genomen om de plantweerstand tegen specifieke ziekten en plagen direct te induceren. Wel wordt gewerkt aan systeemweerstand en bodemweerstand (zie hoofdstuk 6.4.1 en hoofdstuk 6.2).

6.4.7 Datagedreven landbouw/precisielandbouw

In paragraaf 5.7.1 over datagedreven landbouw en precisielandbouw is eerder al benoemd dat voor precisiegewasbescherming de aspecten data-beslissen-uitvoeren van belang zijn.

In deze paragraaf wordt nader ingegaan op de stand van zaken van beschikbare data, BOSsen (Beslissingsondersteunende systemen) en technieken voor de uitvoering van precisiegewasbescherming in de akkerbouw en vollegrondsgroenten. Deze componenten moeten uiteindelijk gekoppeld worden in een systeem voor een efficiënte, goed bruikbare precisielandbouwtoepassing voor gewasbescherming. Deze paragraaf sluit af met een overzicht van beschikbare precisielandbouwtoepassingen voor de praktijk.

Beschikbare **data**. Zoals in paragraaf 5.7.1 reeds aangegeven zijn data over bodem, gewas, klimaat en management tot een schaalniveau van 10 m² van voldoende kwaliteit beschikbaar.

Drones met camera's, satellietbeelden of camera's op voertuigen kunnen onkruidhaarden of onkruiden van voldoende omvang onderscheiden van een gewas. Individuele plantherkenning is in ontwikkeling.

Waar nog ontwikkeling op moet plaatsvinden zijn goede real time gegevens over ziekten en plagen op een schaal die precies genoeg is voor benutting in Precisie Landbouw toepassingen. Er zijn verschillende monitoringssystemen voor verschillende plaaginsecten beschikbaar, maar bij deze systemen ontbreekt de juiste schaal voor benutting van precisietoepassingen:

¹⁰⁴ 563182 (wur.nl)

- Ten behoeve van de pootaardappelteelt vindt in Nederland monitoring van luizen plaats door het vangen van luizen in 40 gele vangbakken verspreid over het pootgoedgebied en een zuigval van de NAK op 10 m hoogte die de migratie van luizen meet. Daarnaast worden ook door CropSolutions vangbakken geplaatst.
- Ten behoeve van de suikerbietenteelt publiceert het IRS jaarlijks een bladluiskaart¹⁰⁵. Deze komt tot stand door wekelijkse tellingen van medewerkers op 100 percelen met suikerbieten. Omdat per perceel de voorvrucht, de manier van grondbewerking en aanwezigheid van natuurlijke vijanden verschilt, blijft het nodig de eigen percelen goed te monitoren.
- Uienvlieg waarnemingen door de Groene Vlieg. De Groene Vlieg monitort wekelijks tussen week 16 en 36 de aanwezigheid van de uienvlieg ten bate van de inzet van de steriele mannetjes techniek (SIT)¹⁰⁶.
- Bonenvliegwaarnemingen door de Groene Vlieg. De Groene Vlieg monitort wekelijks vangbekers en meldt aan de teler of de bonenvlieg aanwezig is.
- Wortelvliegfallen. Vanaf begin mei tot eind juni vindt de eerste vlucht plaats van de wortelvlieg. De volgende vluchten starten in juli en eindigen in oktober. Middels plakvallen worden data verzameld over de aanwezigheid van wortelvliegen¹⁰⁷.
- Tabakstripsmonitoring. Middels blauwe plakvallen worden aanwezige trips gevangen en kan een indruk van de aanwezige hoeveelheid trips verkregen worden op een perceel¹⁰⁸.
- Ritnaaldmonitoring. Ritnaalden zijn de larven van kniptorren. Door de kniptorren te vangen kan een indicatie gegeven worden van de plaagdruk op een perceel. Wekelijks worden de vallen bemonsterd. Variatie tussen en binnen percelen is echter aanzienlijk¹⁰⁹.
- Witlofmineervliegmonitoring met plakvallen. Wekelijks worden plakvallen per perceel bemonsterd en krijgen telers een melding¹¹⁰.
- Aspergekever en aspergevlieg. Monitoring vindt plaats vanaf april, op perceelsniveau¹¹¹.
- Bietenvliegen worden waargenomen in kustgebieden, op perceelsniveau¹¹².
- Koolmotten en koolvliegen kunnen met feromoonvallen gemonitord worden, van begin mei tot oogst. Determinatie vindt handmatig ter plekke plaats.

Cameravallen zijn de meest voorkomende en perspectiefvolle systemen om de monitoring van plaaginsecten te digitaliseren en te automatiseren via beeldherkenning. Er zijn een aantal vallen in ontwikkeling of reeds commercieel beschikbaar: I-Scout¹¹³, Trapview¹¹⁴, CapTrap¹¹⁵, e-Gleek¹¹⁶, SpyFly¹¹⁷, Semios¹¹⁸, Bodeminsectensensor¹¹⁹ en Dopsis¹²⁰.

Waar cameravallen voor plaagherkenning perspectief bieden, wordt voor ziekteherkenning voornamelijk gewerkt aan beeldherkenning door middel van RGB (rood groen blauw) camera's, hyperspectrale sensoren en fluorescentiemetingen. Tabel 6.4.2 geeft een overzicht van sensoren voor het detecteren van ziekten in akkerbouw of vollegrondsgroenten.

¹⁰⁵ Insectenwaarschuwingskaart - IRS

¹⁰⁶ Steriele-insectentechniek - De Groene Vlieg

¹⁰⁷ Wortelvlieg - De Groene Vlieg

¹⁰⁸ Tabakstrips - De Groene Vlieg

¹⁰⁹ Ritnaaldenbeheersing - De Groene Vlieg

¹¹⁰ Witlofmineervlieg - De Groene Vlieg

¹¹¹ Aspergevlieg en kever - De Groene Vlieg

¹¹² Bietenvlieg - De Groene Vlieg

¹¹³ <https://metos.at/iscout/#technicalspecifications>

¹¹⁴ <https://trapview.com/>

¹¹⁵ <https://www.cap2020.online/captrap>

¹¹⁶ https://www.advantec.com/products_en

¹¹⁷ <https://www.agrorobotica.it/spyfly/>

¹¹⁸ <https://semios.com/solutions/insect-pest-management/>

¹¹⁹ <https://www.syngenta.nl/nieuws/syngenta-en-duurzaamheid/syngenta-demonstreert-bodeminsectensensor-op-de-boerderij-van-de>

¹²⁰ www.diopsis.eu

Tabel 6.4.2 Overzicht van optische sensoren voor de detectie van ziekten in akkerbouwgewassen en vollegrondsgroenten. Bron: Mahlein, 2016, Van de Vijver et al., 2020

Sensor	Gewas	Ziekte
RGB camera's	Suikerbiet	Cercospera, roest, Ramularia, Phoma, Pseudomonas
Spectrale sensoren	Gerst	Bladvlekkenziekte, echte meeldauw, bruine roest
	tarwe	Valse meeldauw, gele roest
	suikerbiet	Cercospera, roest, echte meeldauw, Rhizoctonia, Rhizomanie
	aardappel	Alternaria
Thermale sensoren	Suikerbiet	Cercospera
Fluorescentie	Tarwe	Roest, echte meeldauw
	Sla	Valse meeldauw
	bonen	Xanthomonas

Commercieel beschikbaar is Leafspot (HLB), een diagnosedienst die ziektes en gebreksverschijnselen in aardappelen identificeert met behulp van beeldherkenning¹²¹.

Beslissen

Er zijn verschillende beslissingsondersteunende systemen beschikbaar. Deze systemen kunnen kwantitatief of kwalitatief zijn. Kwalitatief zijn de Gezondgewastool.nl, Aaltjesschema.nl, Best4Soil, Handboek Groenbemesters, IWMTOOL. Kwantitatief zijn Nemadecide, Blight app (FarmMaps), GEWIS, PropHy/Uien (Agrovision), DACOM. Daarnaast zijn er verschillende apps beschikbaar van Crop Life NL deelnemers. Er zijn een aantal precisielandbouwtoepassingen in de akkerbouw- en vollegrondsgroentenpraktijk beschikbaar die gericht zijn op de beheersing van ziekten, plagen en onkruiden waarin data en BOSsen gecombineerd worden:

- Plaatsspecifiek onkruidbestrijden via onkruiddetectie. Door optische beelden kunnen onkruidhaarden of onkruidplanten waargenomen worden en plaatsspecifiek bestreden. Door sensoren op machines of drones kan de positie van onkruidplanten en -haarden sneller en nauwkeuriger bepaald worden. De beschikbaarheid voor de praktijk is gewasafhankelijk. Op dit moment is detectie van onkruidhaarden in graanstoppels, gras en braakland mogelijk. Daarnaast is detectie van individuele planten in rijgewassen en breedbladigen in grasland mogelijk. Herbicidendoseringen kunnen gevarieerd worden op basis van onkruiddetectie en haardenkaarten. Aandachtspunt is het inlezen van doseer- en haardenkaarten in software van de toedieningstechniek.
- Variabel doseren van herbiciden op basis van een organische stofkaart. De dosering van bodemherbiciden kan op basis van het organische stof en lutumgehalte van de bodem gereduceerd worden. Op percelen met een redelijke variatie in organische stof, kan daardoor herbicide bespaard worden door variabel te doseren. Met bodemscans wordt een kaart gemaakt van het organische stof en lutumgehalte (bv Veris-MSP3 of EM38 sensorplatform), deze vormt de basis voor een taakkaart voor optimale bodemherbicidedosering.
- Fungicidentoedieningen tegen *Phytophthora infestans* in aardappel. Op basis van de biomassa van het gewas, een set gevalideerde rekenregels (Blight app) kunnen taakkaarten gemaakt worden waarmee moderne spuitapparatuur per sectie kunnen spuiten.
- Variabel loofdoden. Met een drone, satelliet of sensoren op de trekker kunnen biomassa kaarten gemaakt worden. Op basis daarvan worden taakkaarten voor loofdoden (bv aardappel) gemaakt.

¹²¹ <https://www.hlbv.nl/nl/producten/leafspot/>

7 Relevante autonome ontwikkelingen

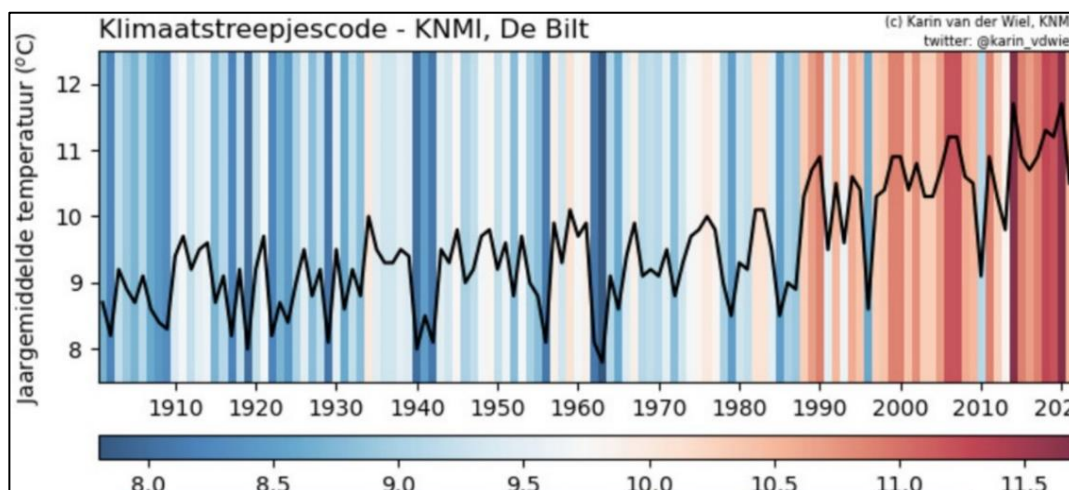
De staat van plantgezondheid wordt niet alleen beïnvloed door factoren in de directe omgeving van de plant. Indirect wordt deze ook beïnvloed door niet (direct) veranderbare bredere omgevingsfactoren. Deze worden ook wel geduid als autonome ontwikkelingen. In dit hoofdstuk gaan wij in op drie belangrijke gebieden van autonome ontwikkelingen en hoe die mede bepalend zijn voor de staat van plantgezondheid in de Nederlandse land- en tuinbouw: Klimaatverandering (7.1), Sociaal-economische ontwikkelingen (7.2), en Wet- en regelgeving (7.3).

7.1 Klimaatverandering en plantgezondheid

Dit onderdeel gaat in op de manieren waarop klimaatverandering direct en indirect invloed heeft en kan gaan hebben op plantgezondheid. In 7.1.1 duiden we kort de relevantie van klimaatverandering voor plantgezondheid. In 7.1.2 geven we een overzicht van trends in klimaatverandering en hoe dat zich vertaalt naar trends in plantgezondheid en in 7.1.3 geven we meer detail t.a.v. hoe klimaatverandering zich vertaalt naar specifieke problemen voor plantgezondheid in de verschillende sectoren.

7.1.1 Klimaatverandering

Klimaatverandering is niet iets van de toekomst, maar treedt nu al op. Verschillende gebeurtenissen in de wereld worden al gelinkt aan klimaatverandering, zoals ook de hevige regenval in Zuid-Limburg, België en Duitsland in de zomer van 2021. De kans op dit soort extreme gebeurtenissen neemt toe (KNMI 2021). Dat de temperatuur nu al toeneemt als gevolg van klimaatverandering, is zichtbaar gemaakt in de KNMI-streepjescode (KNMI 2022). De kleur van een streepje geeft de gemiddelde temperatuur van een jaar aan: blauw voor relatief koele jaren, rood voor relatief warme jaren. Te zien is dat de laatste 30 jaar voornamelijk rode streepjes zichtbaar zijn.



Figuur 7.1.1 De KNMI Klimaatstreepjescode bijgewerkt tot en met 2021. Blauwe streepjes tonen relatief koele jaren, rode relatief warme jaren. Bron: KNMI 2022

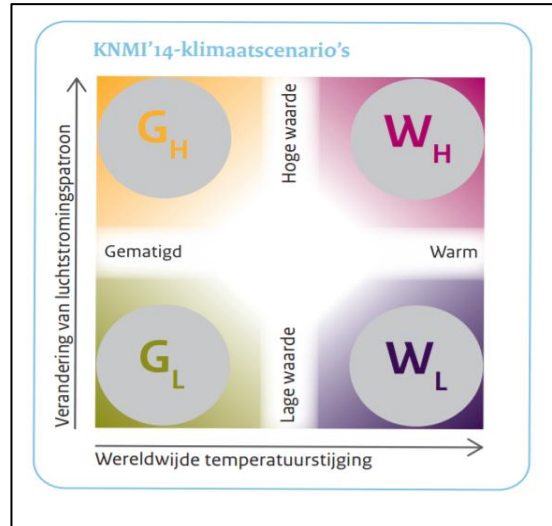
Deze langzame toename van de temperatuur is niet het enige gevolg van klimaatverandering. De frequenties van extreem weer worden er namelijk ook door beïnvloed. Juist ook deze extreme situaties kunnen een groot effect hebben op de landbouw, zoals lange droge periodes, hevige buien en hittegolven. In dit hoofdstuk komt aan de orde welke weersomstandigheden invloed hebben op het optreden/voorkomen van ziekten en plagen. Hoe vaak dit soort weersomstandigheden optreden, wordt beïnvloed door de verandering van het klimaat. Deze toe- of afnames zijn uitgewerkt in de klimaatscenario's van het KNMI (Klein Tank, Beersma, Bessembinder, Van den Hurk, & Lenderink, 2014).

Eerst worden de toekomstscenario's van het klimaat verder toegelicht. Vervolgens wordt ingezoomd hoe deze het optreden van ziekten en plagen in verschillende landbouwsectoren gaan beïnvloeden.

7.1.2 Trends en scenario's

Klimaatscenario's 2014 KNMI

De klimaatscenario's tonen de richtingen hoe het klimaat zal gaan veranderen in de toekomst. Dat is gedaan aan de hand van een tweetal veranderingen; Temperatuurstijging en verandering van luchtstromingspatronen. Voor 2050 is in de G scenario's een 1C temperatuurstijging verwacht, voor de W scenario's 2 graden C ten opzichte van het referentieklimaat in 1981-2010. De luchtstroming verandert in de L scenario's weinig (lage waarde), terwijl deze in de H scenario's veel verandert (hoge waarde). Dat heeft met name invloed op waar de wind vandaan komt gedurende het jaar. Een hoge waarde H betekent dat de wind in de zomer meer uit het oosten komt, wat warmer en droger weer tot gevolg heeft. In 2023 komen er nieuwe klimaatscenario's uit met aangescherpte verwachtingen. Andere verwachtingen kunnen leiden tot andere implicaties voor de landbouw en specifiek plantgezondheid. Als de nieuwe scenario's uit zijn gekomen, is het dan ook goed om deze opnieuw te projecteren op de landbouw en de factoren rond plantgezondheid.



Figuur 7.1.2 De klimaatscenario's voor 2050 van het KNMI. 2050: Het G scenario betekent een +1C, en het W-scenario +2C ten opzichte van referentie klimaat 1981-2010. (Klein Tank, Beersma, Bessembinder, Van den Hurk, & Lenderink, 2014)

Het KNMI Klimaatsignaal (KNMI 2021) heeft recentelijk een tussentijdse update van de verwachte klimaatverandering uitgebracht. Daaruit blijkt dat er meer kans op droogte door hoge temperaturen en hogere verdamping is. In combinatie met een verwachte lagere aanvoer van water door rivieren in de zomer kan dat leiden tot watertekorten in het groeiseizoen. Tevens toont het Klimaatsignaal een snellere zeespiegelstijging, waardoor verzilting in kustgebieden kan uitbreiden en verergeren. Dat heeft ook zijn effect op de gewasgezondheid van teelten in deze gebieden.

Klimaattrends

Vanuit de verwachte klimaatverandering, kunnen vier klimaattrends opgesteld worden. Deze trends zijn: Het wordt warmer, het wordt natter, het wordt droger, en de zeespiegel stijgt/verzilting (NAS 2016). Deze trends bieden een goede kapstok om de effecten van klimaatverandering op plantgezondheid in beeld te brengen. Hieronder worden de trends 'het wordt warmer' en het 'wordt natter & droger' wat verder uitgewerkt zodat ze bruikbaar zijn voor de analyse naar de effecten van klimaatverandering op plantgezondheid.

Figuur 7.1.3 en 7.1.4 tonen per maand van het jaar de effecten van de klimaatscenario's op temperatuur en neerslag (Verstand et al., 2021). Te zien is dat er in de maanden januari, februari, maart, april, oktober en november meer neerslag verwacht wordt in alle klimaatscenario's voor het toekomstige klimaat in de periode rond 2050 (2036-2065), dan momenteel in het huidige klimaat het geval is. In de zomer treedt een grilliger beeld op; de H scenario's tonen een afname van neerslag, terwijl het GL scenario dezelfde of net iets meer neerslag verwacht. Dit is exclusief verdamping. De verdamping kan toenemen door hogere temperaturen. De figuur toont de verwachte verandering voor weerstation de Bilt. Voor andere weerstations in Nederland kan dit beeld wat anders uitvallen, ook al zullen de grote lijnen vergelijkbaar zijn. De nieuwe klimaatscenario's die uitkomen in 2023 zullen een update hiervan geven, waardoor de effecten ook anders kunnen uitpakken.

De verwachte toename van de gemiddelde minimale en maximale dagtemperatuur per maand per klimaatscenario is weergegeven in Figuur 7.1.3. Met name de W scenario's tonen flinke toenames in temperatuur, vooral in de wintermaanden, voor de Bilt in het klimaat rond 2050.

De toename in de G scenario's is wat lager. Een stijgende wintertemperatuur betekend minder nachtvorst, waardoor ziekten, plagen en onkruiden gemakkelijker kunnen overleven. Warmere en natte omstandigheden in het teeltseizoen faciliteren ook ziekten en schimmels, waardoor de plantgezondheid aangetast kan worden.

Implicaties voor plantgezondheid

De combinatie van een veranderend neerslagpatroon over het jaar en de toename van de temperatuur gaat invloed hebben op de plantgezondheid, doordat faciliterende omstandigheden voor ziekten, plagen en onkruiden veranderen. Effecten van klimaatverandering op de insect/pathogeen – plantrelatie kunnen daarom heel verschillend van aard zijn (Debela & Tola, 2018).

Klimaatverandering, en met name een temperatuursverhoging kan 3 hoofdeffecten hebben:

- Toename in de ontwikkelingssnelheid, verspreiding en aantal generaties per jaar van de pathogenen/plagen; bijvoorbeeld voor fruitmot (Juszczak et al., 2013).
- Toename in de overwintering van de pathogenen/plagen; bijvoorbeeld bij Suzuki-fruitvlieg (Little et al, 2020).
- Verandering in de waardplant gevoeligheid; bijvoorbeeld voor zwartvruchtrot (Moragrega et al., 2018).

Ook komen insecten vanuit landen zuidelijk van Nederland hiernaartoe, omdat de klimaatverandering dit faciliteert. Tevens leidt de combinatie van warmere winters en hittegolven en nattere omstandigheden tot gunstigere situaties voor bijvoorbeeld schimmels.

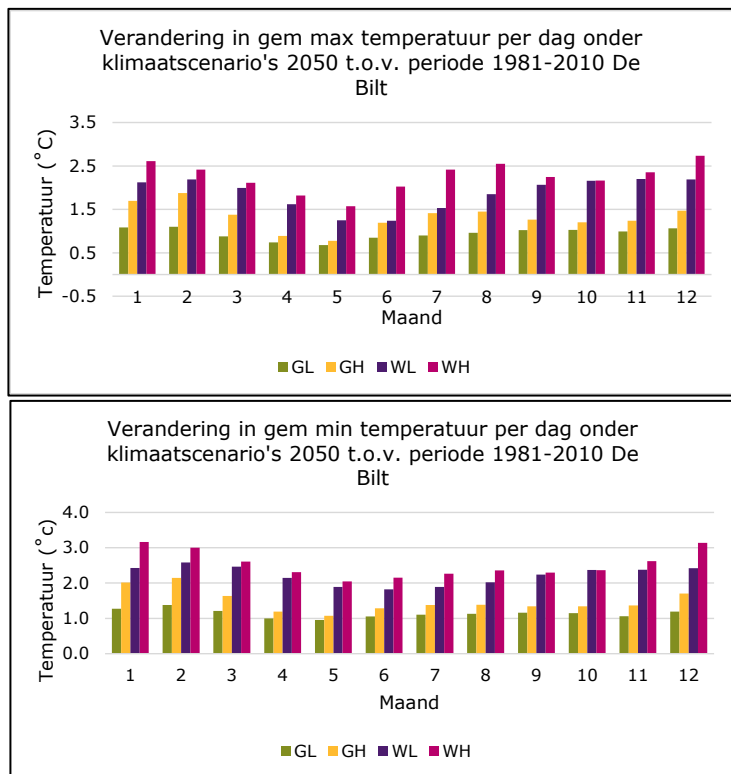
7.1.3 Korte illustraties van specifieke implicaties voor sectoren

In deze paragraaf wordt de invloed van de klimaattrends op basis van de klimaatscenario's uit 2014 op plantgezondheid per sector, en waar mogelijk per gewas besproken.

Akkerbouw, vollegrondsgroenteteelt en mais

Klimaatverandering in akkerbouwmatige teelten geeft verschillende uitdagingen; zo zorgen warmere winters voor het overleven van onkruiden, ziekten, plagen en specifiek aardappelopslag doordat er minder nachtvorst optreedt; zorgen hoge temperaturen in combinatie met droogte tot trips uitbraken die in uien veel schade opleveren (Verstand et al 2019) en zorgen natte perioden of hevige buien in warme omstandigheden voor bijvoorbeeld nat en rotschade in aardappel (*Erwinia*) en peen (zwart benigheid).

Hieronder is voor een aantal gewassen een concretere uitwerking te vinden. Er wordt telkens de link gelegd met de klimaatveranderingen en trends die hierboven beschreven en getoond zijn in Figuur 7.1.3 en Figuur 7.1.4.



Figuur 7.1.3 Verwachte temperatuurverandering in 2050 ten opzichte van de periode 1981-2010 voor verschillende klimaatscenario's. Boven de verandering van de gemiddelde maximum temperatuur, en onder de gemiddelde minimum temperatuur. Data: KNMI 2014, figuur: eigen bewerking.

Aardappel

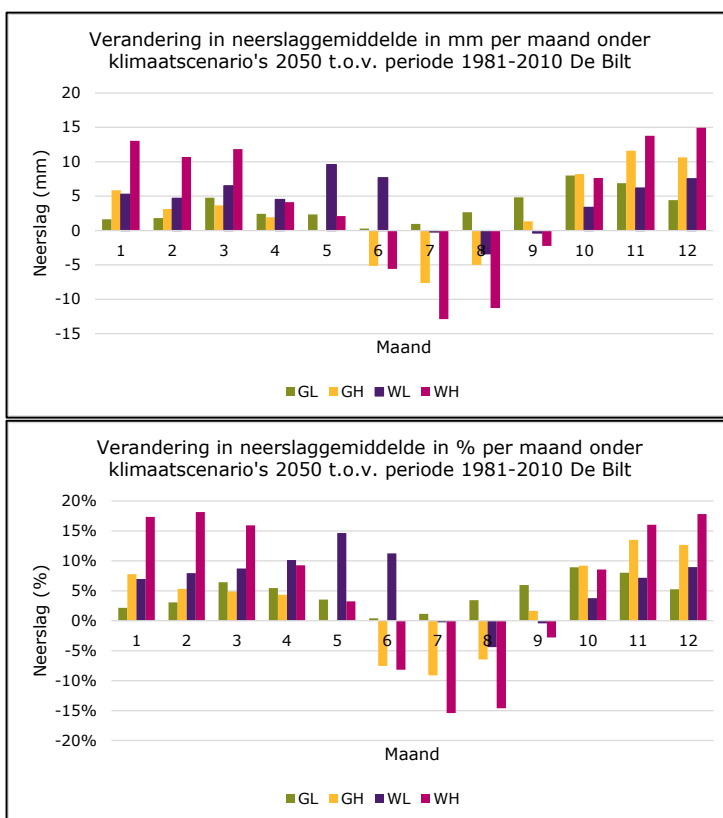
Phytophthora infestans: door natte omstandigheden wordt een hogere druk later in het seizoen verwacht. Onder drogere omstandigheden in de zomer kan Phytophthora juist beter bestreden worden (Verstand, Bijker, Simonse 2021).

Aardappelopslag: Er is een grotere kans op aardappelopslag omdat de planten niet doodvriezen in de warmere winter. Daardoor kunnen ziekten door aardappelopslag de winter overleven en in vervolgteelten een probleem opleveren. Door aardappelopslag kunnen veel ziektes die bij de aardappelteelt een rol spelen zich in stand houden en verspreiden. Dit is bijvoorbeeld aan de orde bij aardappelcysteaaltjes, Phoma en Rhizoctonia (Veerman, 2003).

Coloradokever: Hogere temperaturen in de winter en in het groeiseizoen kunnen ervoor zorgen dat de Coloradokever makkelijker kan overwinteren en daarnaast meer generaties kunnen ontstaan (Verstand, Bijker, Simonse 2021).

Zachte winters dragen er ook aan bij dat luizen onder gunstigere omstandigheden kunnen overwinteren (Verstand, Bijker, Simonse 2021) waardoor ze een prominentere rol kunnen gaan spelen in virusoverdracht (Veerman, 2003).

Bacterieziekten: Door de toename van temperaturen en meer onregelmatige neerslag kunnen ook mogelijk meer problemen ontstaan door bacterieziektes. Tijdens een warme en natte periode kunnen namelijk verschillende bacterieziekten zoals bruinrot, natrot (Erwinia) en zwartbenigheid de aardappelplant aantasten (Veerman, 2003).



Figuur 7.1.4 Verandering van de neerslaggemiddelden in mm (boven) en procentueel (onder), per klimaatscenario per maand, ten opzichte van de neerslag in de periode 1981-2010
Data: KNMI 2014, figuur: eigen bewerking.

Zaai-ui

Tripsen: hoge temperaturen en droogte in de zomer leiden tot meer tripsen in uien. Zoals in de grafieken getoond, stijgt de temperatuur in alle scenario's in alle maanden van het jaar, wat de kans op een warm jaar, met veel trips vergroot (Verstand et al 2019). Tripsen geven ook problemen in preiteelt.

Fusarium: Door het toenemend aantal droge zomers kan de schimmel Fusarium vaker optreden en de uien aantasten en rot veroorzaken (Verstand, Bijker, Simonse 2021).

Peen

Wortelvlieg en wortelmineervlieg: Warmere winters zijn gunstiger voor vliegen als de wortelvlieg en wortelmineervlieg. De vliegen kunnen beter overwinteren waardoor de populatie in het voorjaar in de toekomst mogelijk toeneemt. Deze vliegen brengen schade toe aan de wortels (Verstand, Bijker, Simonse 2021).

Meeldauw en schurft: Bij warme en droge periodes in het groeiseizoen worden de omstandigheden mogelijk gunstiger voor ziektes, zoals echte meeldauw en schurft (Verstand, Bijker, Simonse 2021).

Wintertarwe

Schimmels: Door de toename van warme en natte omstandigheden neemt het risico van schimmels in wintertarwe toe wat kan leiden tot verschillende ziekten, zoals bladseptoria (Septoria tritici) en verschillende Fusarium-soorten (Darwinkel, 1997)

Meeldauw: In droge omstandigheden in de zomer zullen ziekten als meeldauw vaker voorkomen (Verstand, Bijker, Simonse 2021).

Bladluizen: Onder de klimaatscenario's neemt naar verwachting de temperatuur in de winters toe, waardoor de omstandigheden voor bladluizen gunstiger worden (Dean, 1974).

Bladluizen veroorzaken gele plekken op de bladeren waardoor ze versneld afsterven. Door een lager fotosynthese leidt dit tot opbrengstverlies (Verstand, Bijker, Simonse 2021).

Suikerbiet

Bodemschimmels: De schimmels Violetwortelrot en Aphanomyces kunnen natte omstandigheden, in combinatie met een slechte bodemstructuur vaker voorkomen en daardoor de suikerbieten beschadigen (IRS, 2020). Door een toename van warme en natte periodes, kunnen schimmels een groter risico vormen voor de teelt van suikerbieten.

Aaltjes: Bij een toename van de temperaturen, kunnen de aaltjessoorten bietencysteaaltje (*Heterodera schachtii*) en geel bietencysteaaltje (*Heterodera betae*) voor meer schade zorgen (Vandenbossche, Niere, & Vidal 2015).

Mais

Plagen: Hogere temperaturen kunnen ook nadelig zijn door plagen als de maisstengelboorder en maïswortelkever (Verstand, Bijker, vd Burgt en anderen 2021). Zo kan de maisstengelboorder een groot effect hebben op de gewasproductie, doordat de maisstengelboorder schade toebrengt aan de stengel en kolfstelen, waardoor het transport van assimilaten en voedingsstoffen wordt onderbroken (Handboek snijmais (2019).

Schimmel: Met de verwachte toename van neerslag in het voorjaar kan tevens een schimmel als Maiskopbrand (*Sphacelotheca reiliana*) vaker voor aantasting zorgen (Verstand, Bijker, vd Burgt en anderen 2021). Bij een aantasting neemt de drogestof productie af (Werkgroep Handboek snijmaïs, 2019).

Fruitteelt

Voor de fruitteelt zijn er verschillende ontwikkelingen gaande door stijgende temperaturen. In Italië worden fruitgewassen al ernstig aangetast door verschillende ziekten en plagen. Deze komen ook richting Nederland. Hieronder een overzicht van de ontwikkelingen.

Bacterievuur, de bruin-gemarmerde schildwants en perenbladvlo trekken noordwaarts vanuit bijvoorbeeld Italië door hogere temperaturen. Beide leiden tot schade. Zo prikt de schildwants de appel en peervruchten aan waardoor de oogst wordt gedeclasseerd. De schildwants is inmiddels al aanwezig in boomgaarden in het zuiden van Nederland (Kranendonk, Verstand, Zaalmink, in ontwikkeling). Natte periodes, zoals verwacht in het voor- en najaar, maken boomgaarden vatbaarder voor vruchtboomkanker.

Door hogere wintertemperaturen kunnen insecten, mijten en dopluizen de winter beter overleven, waardoor ze in het groeiseizoen tot meer schade kunnen leiden.

De fruitmot kan explosief toenemen, omdat er een 2e generatie per jaar ontwikkeld kan worden door hogere temperaturen. De rupsen brengen ernstige schade toe aan vruchten.

Nattere winters kunnen leiden tot een kleinere populatie oorwormen. Oorwormen zijn natuurlijke vijanden van de perenbladvlo, die schade aan peer veroorzaakt.

Het voorkomen van de Suzuki-fruitvlieg wordt beperkt beïnvloed door klimaatverandering. Deze fruitvlieg gedijt juist goed bij een koeler en vochtiger klimaat, dan in ons toekomstige klimaat. Echter kunnen warme winters er wel toe leiden dat de soort beter kan overleven (Kranendonk, Verstand, Zaalmink, in ontwikkeling).

Glastuinbouw:

Klimaatverandering lijkt minder van belang voor bedekte teelten maar is ook van invloed op het binnenklimaat. Sommige exoten kunnen door mildere winters buiten overleven. Er is een risico op het intreden van nieuwe ziekten en plagen door klimaatverandering, maar de belangrijkste route is waarschijnlijk toch import via (plant)materialen. Vervolgens kunnen de nieuwe ziekten en plagen vaak goed gedijen in ons nieuwe klimaat.

Bloembollen

Klimaatverandering zal in de buitenteelt van bloembollen voor uitdagingen gaan zorgen.

Langere periodes van droogte, vaak in combinatie met verzilting in kuststreken vereisen beregening, die niet altijd mogelijk is. In lelies wordt het toepassen van druppelirrigatie onderzocht als zuinig alternatief voor beregenen met de haspel (Delphy 2019). Verhoging van de grondwaterstand voor waterbeschikbaarheid voor het gewas is niet altijd (meer) mogelijk. Op veel plekken zal de grondwaterstand zelfs dalen (Klimaat-effectatlas 2022). Daarnaast zullen meer periodes van hevige regen zorgen voor het verdrinken van de bollen, als de waterhuishouding niet in orde is.

7.2 Sociaal economische ontwikkelingen en plantgezondheid

Dit onderdeel gaat in op een aantal sociaaleconomische omstandigheden die direct of indirect de staat van de plantgezondheid in de Nederlandse land- en tuinbouw beïnvloeden. In 7.2.1. bespreken we hoe dit momenteel speelt t.a.v. (de staat van) voedselzekerheid, het inkomen van de agrariër, internationale handel, maatschappelijke ontwikkelingen, ketenontwikkelingen, en consumentenvoorkeuren. Vervolgens bespreekt 7.2.2 dezelfde onderwerpen maar dan vanuit een meer dynamisch perspectief van trends en verwachte scenario's. In 7.2.3 worden een aantal voorbeelden gegeven van hoe zich dit vertaalt naar concrete uitdagingen in de verschillende sectoren.

7.2.1 Stand van zaken

Een aantal sociaaleconomische ontwikkelingen heeft invloed op de plantgezondheid, en de wijze waarop deze beschermd wordt. We bespreken kort de voedselzekerheid, het inkomen van de agrariër, de internationale handel, de maatschappelijke opinie over gewasbescherming, ontwikkelingen in de keten en consumentenvoorkeuren. In deze paragraaf geven we weer hoe deze ontwikkelingen de plantgezondheid (kunnen) beïnvloeden, in de volgende paragraaf gaan we in op actuele trends.

Voedselzekerheid

Het gaat bij voedselzekerheid niet alleen om de hoeveelheid voedsel die geproduceerd wordt, maar ook om de kwaliteit en de veiligheid van voedsel en de toegankelijkheid. Er is voldoende en veilig voedsel nodig om de wereldbevolking te kunnen voeden. Het beschermen van de plantgezondheid draagt bij aan een hoog opbrengstniveau en aan de voedselveiligheid. Gaat het opbrengstniveau omlaag, dan is er meer land nodig om in de behoefte aan voedsel te voorzien. Als er gewasbeschermingsmiddelen gebruikt worden die schadelijk kunnen zijn voor de gezondheid en als residu achterblijven, kan dat gevolgen hebben voor de kwaliteit van voedsel. Bij sommige ziekten en plagen, kan geen gebruik van gewasbeschermingsmiddelen juist leiden tot verminderde veiligheid van het voedsel. Dit speelt met name bij schimmelziektes, die kunnen leiden tot gevaarlijke mycotoxinen in voedsel. Er is dus een relatie tussen voedselzekerheid, en -veiligheid en gewasbescherming. Voedselzekerheid is een thema dat sterk in de internationale context speelt, en voor Nederland minder in de nationale context. De verwachting is dat de omvang van de wereldbevolking groeit naar 10 miljard in 2050. Effectieve gewasbeschermingsmethoden zijn nodig om te zorgen voor voldoende en veilig voedsel voor de wereldbevolking.

Inkomen van de agrariër

De relatie tussen het inkomen van de agrariër en gewasbescherming is complex. Een boer of tuinder beschermt zijn planten om een hoog opbrengstniveau en veilig voedsel te genereren. Als hij daarin succesvol is, zal dat positieve gevolgen hebben voor de opbrengst en daarmee voor zijn inkomen. Doorgaans leidt dit ook tot kostenbesparing. Een lage ziekte-, plaag en onkruiddruk leidt tevens tot een gezonde uitgangssituatie voor het komende groeiseizoen. Een hoog inkomen draagt tevens bij aan het beschikbaar krijgen van financiële middelen om het gewas te beschermen. Wanneer de cyclus tussen een effectieve gewasbescherming en voldoende opbrengst elkaar versterkt is er ook ruimte voor verduurzaming: het vervangen van chemische middelen door (veelal duurder) milieuvriendelijke alternatieven.

Dat vraagt ook om toepassing van nieuwe kennis en een sterkere inzet op preventie. Wanneer er een financiële buffer is, is er ook experimenteerruimte met een verhoogd risico op aantasting en/of opbrengstverlies.

Omgekeerd zal een boer of tuinder die krap bij kas zit, en te maken heeft met een hoge ziekte- of plaagdruk zijn risico willen beperken en daarom sneller gebruikmaken van middelen die bewezen effectief zijn.

Internationale handel

De Nederlandse boer produceert niet alleen voor de binnenlandse markt, maar ook voor de export. Daarom is de internationale vraag, en de producteisen die gesteld worden van belang voor de behoefte aan gewasbeschermingsmiddelen waarmee voldaan kan worden aan de internationale vraag. Internationale handel in planten en plantaardige producten zijn de belangrijkste pathway voor de introductie van nieuwe ziekten en plagen. De meeste ziekten en plagen zullen niet overleven, maar sommige kunnen zich (door de klimaatverandering in toenemende mate) wel vestigen en verspreiden en daardoor desastreuze gevolgen hebben. Het risico is het grootst bij de import van uitgangsmateriaal en de introductie van polyfage organismen.

Maatschappelijke ontwikkelingen

Maatschappelijke ontwikkelingen richten zich veelal op ongewenste neveneffecten. Wanneer er voldoende en veilig voedsel is, en zeker wanneer een behoorlijk deel van de landbouwproductie geëxporteerd wordt, zullen weinig mensen zich druk maken over het primaire doel van gewasbescherming, namelijk het borgen van de plantgezondheid om productieverlies te voorkomen en de voedselveiligheid te borgen. De aandacht gaat dan uit naar de negatieve gevolgen voor het milieu, zoals de waterkwaliteit en de biodiversiteit en de humane gezondheid. NGO's komen op voor deze belangen en jagen het maatschappelijk debat hierin aan. Overheidsingrijpen in gewasbescherming is met name nodig om de negatieve bijeffecten van gewasbescherming te voorkomen (zie par. 7.3) en duurzame gewasbescherming te bevorderen. Overigens is het niet zo dat voedselzekerheid en -veiligheid enerzijds, en milieubelangen en humane gezondheid anderzijds tegenover elkaar zijn. Boeren en tuinders hebben ook belang bij gezond water, een gezonde bodem en een gezond lichaam. Zij zijn daarom doorgaans zeker gemotiveerd om de ongewenste neveneffecten te voorkomen. Bedrijfseconomisch is het echter zo dat ze niet (voldoende) gecompenseerd worden voor hun inspanningen om milieu en humane gezondheid te ontzien.

Ketenontwikkelingen

Ketenpartijen zowel stroomopwaarts als stroomafwaarts in de keten kunnen invloed hebben op de plantgezondheid en de toegepaste gewasbescherming. Toeleveranciers leveren niet alleen gewasbeschermingsmiddelen en biologische bestrijders, maar ook kennis en advies. Ze dragen daarmee bij aan de besluitvorming van boeren en tuinders over hun gewasbeschermingsstrategie. Uit een enquête van AgriDirect in opdracht van BO Akkerbouw blijkt dat akkerbouwers deze adviseur als belangrijkste partner zien om de teelt met plantgezondheid op een rendabele manier meer duurzaam te maken (BO Akkerbouw, 2021). Duurzame teeltsystemen zijn kennisintensief.

Stroomafwaarts kunnen afnemers eisen stellen aan de toegepaste gewasbescherming. Dat is bijvoorbeeld het geval wanneer retailers bovenwettelijke eisen stellen aan het maximaal residuniveau dat aangetroffen mag worden. Naarmate de ketenrelatie hechter is, zullen afspraken over de gewasbescherming een grotere rol hebben. Dit heeft niet zozeer gevolgen voor de plantgezondheid als wel voor de duurzaamheid. In toenemende mate worden keurmerken gebruikt in ketenverband als privaat instrument om duurzaamheid te bevorderen. Afnemers weten aan welke eisen de productie heeft voldaan. Gewasbescherming is vaak onderdeel van een breder palet aan duurzaamheidsaspecten die worden meegenomen, naast bijvoorbeeld energie (CO₂-uitstoot), bemesting en watergebruik. In de meeste gevallen zijn de criteria gericht op processen en methoden (bijv. geïntegreerde gewasbescherming), en niet op de hoeveelheden van de gebruikte gewasbeschermingsmiddelen. Een uitzondering is het keurmerk On the way to PlanetProof.

Consumentengedrag

Kwaliteit, duurzaamheid en gezondheid zijn aspecten die consumenten kunnen gebruiken om producten te kiezen. De toegepaste gewasbescherming kan gelinkt worden aan deze aspecten. Deze informatie hoeft niet op het productlabel vermeld te worden, zodat de consument niet kan selecteren op de toegepaste gewasbescherming.

De keuze blijft veelal beperkt tot biologische producten of conventionele producten. Wel dragen keurmerken bij aan de differentiatie in het productenaanbod.

Uit de Agrifoodmonitor 2021 (Onwezen et al., 2021) blijkt dat de aanwezigheid van een keurmerk voor meer consumenten een aankoopmotivatie vormt. Ook geeft een meerderheid aan dat weinig bestrijdingsmiddelen van toegevoegde waarde is bij de aankoop van voedselproducten.

7.2.2 Trends en scenario

In deze paragraaf bespreken we de huidige en verwachte veranderingen voor de thema's zoals in de vorige paragraaf besproken.

Voedselzekerheid

Voedselzekerheid is in Nederland geen groot thema. Misoogsten zijn in Nederland vrijwel niet aan de orde en zeker niet als gevolg van problemen met de plantgezondheid. Wat betreft de relatie tussen voedselzekerheid en gewasbescherming richt zich dat op landen buiten Europa. De wereldwijde trend om te werken aan robuuste teelt draagt bij aan vermindering van de afhankelijkheid van gewasbeschermingsmiddelen. Er is echter nog wel een lange weg te gaan. Een nieuwe trend die sinds de corona-pandemie zichtbaar wordt, en door de Oekraïne-crisis versterkt wordt is de toenemende aandacht voor de zelfvoorzieningsgraad. De bewustwording neemt toe dat de voedselvoorziening minder zeker is dan waarvan decennialang is uitgegaan. Ook de toenemende zorgen om klimaatverandering dragen bij aan het besef dat het niet logisch is om voedsel over de hele wereld te transporteren, maar dat productie en consumptie geografisch dicht bij elkaar horen te liggen, mede om energiegebruik te verminderen. De relatie met plantgezondheid en gewasbescherming in Nederland is daarbij nog niet direct in beeld. Dat is pas het geval wanneer de fysieke opbrengsten onder druk komen te staan en de noodzaak om de zelfvoorzieningsgraad te verhogen om wat voor reden dan ook verder toeneemt. Het gaat dan niet om het totale volume, maar ook om de samenstelling van het voedselpakket en de gewassen die nodig zijn om daarin te voorzien. Denk daarbij aan de eiwittransitie.

Inkomen van de boer

Naast de relatie tussen de gewasbescherming en het inkomen dat een boer of tuinder verdient zoals weergegeven in par. 7.2.1. kan er ook gekeken worden naar trendmatige ontwikkelingen. Agrimatie.nl is de bron waarin inkomensontwikkelingen van de plantaardige sectoren te vinden zijn. Wanneer we de ontwikkelingen in de verschillende sectoren zien dan valt op dat er in het algemeen grote afwijkingen in de inkomensontwikkelingen te zien zijn, en dat de trend licht positief is. In Agrimatie¹²² zijn ook de kosten voor gewasbescherming weergegeven. Daaruit blijkt dat het aandeel van kosten in de totale kosten erg kunnen verschillen tussen sectoren. In de glasgroenteteelt ligt dit aandeel op ongeveer 2% en in de akkerbouw op ongeveer 11%. Sectoren zoals de bloembollenteelt en de fruitteelt zitten daar met respectievelijk 8% en 5% tussenin. In de meeste sectoren is dit aandeel stabiel. In de glasgroenteteelt is het sinds 2010 toegenomen toen het op ongeveer 1% lag, en in de fruitteelt is het gedaald van ongeveer 7% naar de genoemde 5%. Het vraagt om een nadere analyse wat hiervan de achtergronden zijn. Er is vooralsnog geen redenen om aan te nemen dat de ontwikkelingen in het inkomen van de boer gevolgen heeft voor de plantgezondheid en de toegepaste gewasbescherming. Wel is de verwachting dat duurzame teeltmethoden duurder kunnen zijn en dat daarmee de kosten van gewasbescherming een hoger aandeel in de totale kosten kunnen innemen.

Internationale handel

Nederland heeft wereldwijd een vooraanstaande rol in de internationale handel. Dat betreft niet alleen de export, maar ook import, waarvan een deel internationaal wordt doorverkocht, de wederuitvoer. De handel in tuinbouwproducten (sierteelt (import en export), groenten en fruit (import en export)) neemt daarin een belangrijke plaats in. Voor groenten en fruit is Nederland de toegangspoort voor de EU. Van het geïmporteerde fruit wordt 79% doorverkocht in de EU. De internationale handel die is opgebouwd op basis van binnenlandse productie wordt steeds meer uitgebouwd op basis van de regiefunctie. Nederland heeft dat kunnen doen door de aanwezigheid van mainports als de Rotterdamse haven en Schiphol, harmonisatie van logistieke standaarden en elektronische handel, standaardisatie van kwaliteit, snelle controle en douaneafhandeling.

¹²² <https://agrimatie.nl/>

Dat laatste raakt ook de plantgezondheid, omdat het vrij zijn van exotische ziekten en plagen een belangrijk aspect is waarop nauwkeurige controle dient plaats te vinden. Het jaarverslag van Europhyt¹²³, de Europese database rapporteert dat in 2018 62,4% van de onderschepte schadelijke organismen op groenten en fruit zijn aangetroffen en 17,5% op sierteeltproducten, waarmee dit belang wordt onderstreept.

Het belang van internationale handel is voor akkerbouwproducten zoals granen veel minder groot. Voor granen is Nederland netto importeur. Wel vindt er export plaats van verwerkte producten zoals veevoeder. De coronacrisis heeft op de handel in landbouwproducten een minder versturende werking gehad dan in andere producten waarin Nederland handelt (Jukema et al., 2021)¹²⁴. De handel in planten(producten) levert al jarenlang een prominent aandeel in het Nederlandse handelsoverschot op de betalingsbalans.

Maatschappelijke ontwikkelingen

Nederland kent al decennialang geen voedselschaarste meer. Het is daarom niet verwonderlijk dat de onbedoelde neveneffecten van het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen het maatschappelijk debat domineren, naast ontwikkelingen, zoals eiwittransitie en klimaatverandering. Het accent ligt daarbij enerzijds op het voorkomen van schadelijke effecten voor de gezondheid, en anderzijds op effecten voor het milieu, waarbij het accent de laatste jaren op de biodiversiteit en waterkwaliteit ligt. Met name de relatie tussen het gebruik van bestrijdingsmiddelen en de afname van het aantal insecten in het algemeen, en de effecten op hogere trofische groepen als vogels staan centraal (Declines in insectivorous birds are associated with high neonicotinoid concentrations | Nature). Met betrekking tot humane gezond zijn zorgen rondom de toename van Parkinson als gevolg van gebruik van pesticiden een voorbeeld (The Emerging Evidence of the Parkinson Pandemic - IOS Press). Er is in toenemende mate aandacht voor de blootstelling van omwonenden: mensen die in de nabijheid van percelen leven waarop bestrijdingsmiddelen worden toegepast. NGO's die opkomen voor de natuur pleiten al jaren op een vermindering van het gebruik van bestrijdingsmiddelen, het verbieden van (de meest schadelijke) middelen, en verbetering en versnelling van de toelatingsprocedure voor natuurvriendelijke en laag-risico middelen. Dit raakt ook de boer en tuinder zelf. Zij willen zelf evenmin blootstaan aan risico's voor hun gezondheid, en zullen daarom minder geneigd zijn chemische gewasbeschermingsmiddelen toe te passen.

Ketenontwikkelingen

In toenemende mate nemen ketenpartners het initiatief om de duurzaamheid van producten die zij inkopen, bewerken en verkopen te bevorderen. Een belangrijke tool daarvoor zijn keurmerken. Deze duurzaamheidsstandaarden helpen boeren en tuinders om hun productieproces te verduurzamen. Ketenpartners stellen vaak eisen aan de toeleveranciers om deze standaarden toe te passen. Daarmee worden incentives gecreëerd en benut in de keten om te verduurzamen. Gewasbescherming is één van de aspecten die daarin worden meegenomen. De standaarden zoals Global GAP zelf zijn doorlopend in ontwikkeling. Een voorbeeld is The Sustainability Consortium, een wereldwijd netwerk dat alle productiesectoren omvat en bijdraagt aan het ontwikkelen van transparante en duurzame waardeketens. Daarbinnen is het Responsible Pest Management (RPM) framework ontwikkeld met als Key Performance Indicator (KPI) het percentage van de producten afkomstig van bedrijven met een controlebaar duurzaamheids- en veiligheidsprogramma, waarmee de impact van middelengebruik op milieu en gezondheid gemeten kan worden¹²⁵. Een ander voorbeeld is The Sustainability Initiative, een publiek-privaat initiatief om duurzame handel te bevorderen. Daarbinnen zijn verschillende initiatieven ontwikkeld om dat per productgroep vorm te geven. Deze overeenkomsten verbinden retailers, handelaren, brancheorganisaties, NGOs om dat vorm te geven. Voorbeelden zijn de SIFAV (groenten en fruit), FSI (bloemen en planten) en SAI (akkerbouw). Een derde voorbeeld is On the way to PlanetProof, een keurmerk dat in Nederland ontwikkeld, en binnen de EU wordt toegepast. Dit keurmerk hanteert verdergaande criteria dan ander keurmerken. Een voorbeeld is beperking van het volume van toegepast gewasbeschermingsmiddelen. Daarnaast kunnen bedrijven zoals retailers ook individueel afspraken maken met toeleveranciers of zelf eisen stellen, bijvoorbeeld aan de Maximum Residue Levels op producten. De rode draad in deze ontwikkelingen is dat het private initiatief om duurzaamheid te bevorderen toeneemt, dat er meer samengewerkt wordt en dat de eisen aan bijvoorbeeld gewasbescherming specifiekere worden.

¹²³ https://ec.europa.eu/food/system/files/2019-08/ph_biosec_europhyt_annual-report_2018.pdf

¹²⁴ <https://edepot.wur.nl/538688>

¹²⁵ <https://sustainabilityconsortium.org/project/responsible-pest-management-rpm-framework/>

Het nadeel is wel dat er veel vergelijkbare initiatieven naast elkaar lopen en dat de behoefte aan harmonisatie toeneemt. De Europese Unie neemt hierin het voortouw (substantiating green claims)¹²⁶.

Consumentengedrag

Er is weinig onderzoek gedaan naar de directe relatie tussen gewasbescherming en consumentengedrag. Wel zijn er monitors waarin de perceptie van consumenten ten aanzien van voedsel gemeten wordt en welke rol duurzaamheid daarin speelt. Daaruit blijkt dat de perceptie van plantaardige producten beter is dan van dierlijke producten. Gezondheid en milieu zijn belangrijke factoren in het keuzegedrag.

Het Voedingscentrum geeft aan dat de gezondheidsvoordelen van groente en fruit eten groot zijn en ruimschoots opwegen tegen de mogelijke gezondheidsrisico's van resten bestrijdingsmiddelen¹²⁷. Een laag middelengebruik is een factor die hoog scoort op de lijst met productkenmerken die wijzen op een duurzaam product (Onwezen et al., 2020)¹²⁸. Uit de Monitor Duurzaam Voedsel 2020 blijkt dat de consumptie van duurzaam voedsel in Nederland stijgt. Het aandeel in de voedselbestedingen nam toe van 14 tot 16% in 2020¹²⁹. Met de nodige slagen om de arm kan gesteld worden dat consumenten een laag middelengebruik in de plantaardige productie waarderen en dat in hun aankoopgedrag laten blijken. Daarmee is overigens nog niet gezegd dat ze er ook meer voor willen betalen.

7.2.3 Korte illustraties van specifieke implicaties voor sectoren

In de Verenigde Staten zijn er schadeclaims toegewezen én afgewezen in rechtszaken over een oorzakelijk verband tussen het toepassen van glyfosaat en het krijgen van kanker. De ziekte Parkinson wordt in verband gebracht met blootstelling aan gewasbeschermingsmiddelen. De maatschappelijke discussie tussen het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen en schadelijke gezondheidseffecten lijkt in een stroomversnelling te komen. De media besteden meer aandacht aan dergelijke gebeurtenissen, wat zijn invloed heeft op de beleidsontwikkeling en het denken over pesticiden¹³⁰. De maatschappelijke druk om middelen zoals glyfosaat te verbieden neemt duidelijk toe. Dit gebeurt ongeacht de wetenschappelijke beoordeling door EFSA. EFSA heeft geconcludeerd dat het onwaarschijnlijk is dat glyfosaat kankerverwekkend is voor de mens en dat het bewijs de classificatie met betrekking tot de kankerverwekkende potentie volgens Verordening (EG) nr. 1272/2008 niet ondersteunt (EFSA, 2015). Medio 2023 wordt er in de EU een besluit genomen of glyfosaat op de markt beschikbaar blijft. Als dat niet het geval is verdwijnt het belangrijkste onkruidbestrijdingsmiddel van de markt.

Het debat over middelengebruik en omgeving wordt op het scherpst van de snede gevoerd in Drenthe, waar bollentelers lelies telen. Tegenstanders van de lelieteelt en bollentelers staan lijnrecht tegenover elkaar. Het burgerinitiatief Meten = Weten uit Westerveld heeft zelf onderzoek laten uitvoeren en rapporteert dat een groot aantal middelen (57, ook niet gewasbeschermingsmiddelen) werd aangetroffen in de bodem en oppervlaktewater in de omgeving van de bollenteelt¹³¹. Ondanks dat het Ctgb heeft aangetoond dat voor geen van deze stoffen overschrijdingen van de norm heeft plaatsgevonden, voedt dit soort onderzoek de onrust van omwonenden. Onderzoekers, overheden, middelenleveranciers gaan samen met omwonenden en telers in een nieuw project samenwerken om te kijken hoe je kwalitatief hoogwaardige lelies kunt telen met zo min mogelijk belasting van de natuur en het milieu.

7.3 Wet- en regelgeving (inter) nationaal en plantgezondheid

Plantgezondheid vraagt om overheidsbemoediging omdat het marktmechanisme tekortschiet in het voorkomen van ongewenste neveneffecten. Dat is op het terrein van plantgezondheid op de volgende wijze aan de orde:

¹²⁶ https://ec.europa.eu/environment/eussd/smgp/initiative_on_green_claims.htm

¹²⁷ <https://www.voedingscentrum.nl/encyclopedie/bestrijdingsmiddelen.aspx>

¹²⁸ <https://edepot.wur.nl/532091>

¹²⁹ <https://edepot.wur.nl/551814>

¹³⁰ <https://www.bnnvara.nl/zembla/artikelen/schadeclaim-voor-slachtoffer-roundup-met-miljoenen-verlaagd>

¹³¹ <https://www.rtvdrenthe.nl/nieuws/144744/burgers-vinden-57-bestrijdingsmiddelen-in-bodem-westerveld>

Nieuwe ziekten, plagen en onkruiden kunnen in een land geïntroduceerd worden en daarbij de gewassen bedreigen. Omdat deze nieuwe ziekten, plagen en onkruiden in een nieuw ecosysteem terechtkomen, waarbij natuurlijke vijanden ontbreken, kunnen de gevolgen desastreus zijn. Introductie vindt veelal onbedoeld plaats door middel van internationale handel in planten en plantaardige producten, waarbij de verhandelde producten zelf niet of nauwelijks schade ondervinden. Overheidsingrijpen is daarom nodig om introductie te voorkomen.

Bij de bestrijding van ziekten, plagen en onkruiden worden in veel gevallen chemische middelen ingezet. Deze kunnen schadelijk zijn voor de humane gezondheid wanneer ze niet volgens het etiket worden gebruikt. Regulering door de overheid door middel van het toelatingsbeleid is nodig om het risico op gezondheidseffecten te voorkomen.

Wanneer chemische middelen ingezet worden, komt in veel gevallen een beperkt deel op de planten terecht die beschermd moeten worden en het overige deel in de omgeving (bodem, grondwater, oppervlaktewater, planten in de omgeving) met mogelijk schadelijke gevolgen voor kwaliteit van water en de aanwezige biodiversiteit. Ook om de omgeving en de biodiversiteit verder te beschermen is interventie door de overheid nodig.

Voor Nederland is in dit geval de Europese Commissie de hoogste gezagsdrager die wetgeving maakt met een rechtstreekse werking of richtlijnen die de overheden van lidstaten vraagt deze verder uit te werken en te implementeren. In Nederland is de Rijksoverheid daarvoor de wetgever. In internationaal verband vindt er overleg plaats tussen landen, waarbij de kaders voor beleidsontwikkeling worden vastgelegd in internationale verdragen. Voor plantgezondheid zijn de volgende verdragen en internationale organisaties van belang:

- De Wereld Gezondheidsorganisatie (WHO)
- De Wereld Handelsorganisatie (WTO)
- Het biodiversiteitsverdrag (CBD) en
- Het Internationale plantgezondheidsverdrag (IPPC)

In dit overzicht geven we eerst een overzicht van de ontwikkelingen in internationaal verband een plaats. Omdat de rol van de WTO en het IPPC in hoofdstuk 4 al beschreven zijn, gaan we op deze verdragen verder niet in. Vervolgens gaan we na welke ontwikkelingen er zijn in de Europese Unie en tenslotte gaan we in op de ontwikkelingen in Nederland. We sluiten af met een bespreking van ontwikkelingen in aangrenzende beleidsterreinen die van invloed zijn op de gewasbescherming en de plantgezondheid.

7.3.1 Stand van zaken

Internationaal

WHO

De WHO en de FAO hebben The International Code of Conduct on Pesticide Management opgesteld, dat dient als wereldwijd kader voor het uitwerken van gewasbeschermingsbeleid door overheden en gewasbeschermingsstrategieën door het bedrijfsleven. De laatste versie is opgesteld in 2014. In een compendium waarvan de laatste in 2021 is opgesteld zijn alle ondersteunde diensten zoals richtlijnen, databases, tools etc. te vinden, die bij de uitvoering van de Code of Conduct behulpzaam kunnen zijn. Zowel de Code of Conduct als het Compendium worden regelmatig herzien om aansluiting te blijven houden bij de ontwikkelingen in de gewasbescherming wereldwijd en de wijze waarop de impact (milieu, sociaal en economisch) worden gewaardeerd. Recente voorbeelden geadresseerd door de WHO zijn inspanningen om kankerbestrijding te vergroten, met daarin aandacht voor de rol van pesticiden en de noodzaak om antimicrobiële medicijnen in het voedselsysteem terug te dringen, waaronder ook een aantal pesticiden vallen¹³².

CBD

De Convention on Biological Diversity is het internationale verdrag waarmee de kaders voor de bescherming van de biodiversiteit worden vastgelegd. Biodiversiteit wordt opgevat als 'Sustaining life on Earth' en gaat daarmee verder dan alleen de bescherming van dieren, planten en ecosystemen.

¹³² <https://www.who.int/> en <https://www.fao.org/home/en>

Verdragen die binnen de CBD gesloten zijn, betreffen het Cartagena-protocol, waarin het omgaan met, transport van en gebruik van gemodificeerde organismen wordt vastgelegd, en het Nagoya-protocol, waarin de bescherming van en toegang tot genetische bronnen is vastgelegd¹³³.

Europese Unie

Bestaande regelgeving

Het bestaande gewasbeschermingsbeleid van de EU is vastgelegd in een aantal richtlijnen en verordeningen. De belangrijkste zullen we hier noemen. Regulation EC (No.) 1107/2009 is de verordening waarin criteria voor de toelating van gewasbeschermingsmiddelen is vastgelegd. De Europese Voedsel en Warenautoriteit (EFSA) bepaalt voor Europa of een werkzame stof veilig is voor mens, dier en milieu.

Als dat het geval is, bepaalt de toelatingsautoriteit voor de nationale lidstaten of een gewasbeschermingsmiddel waarin de werkzame stof is opgenomen veilig is voor toepassing. Deze verordening zorgt voor harmonisatie van het toelatingsbeleid in de EU, waardoor autoriteiten in de lidstaten gebruik kunnen maken van de dossiers en beoordelingen van een middel in een andere lidstaat. Een andere belangrijke verordening is Regulation EC (No.) 396/2005 waarin de maximale residu-niveaus (MRLs) van gewasbeschermingsmiddelen op producten in de voedselketen is geregeld om de gezondheid van mens en dier te beschermen.

Beide richtlijnen zijn recent geëvalueerd in een geïntegreerde studie. Op hoofdlijnen voldoen beide verordeningen aan de doelstelling. Niettemin zijn er een aantal verbeteringen mogelijk. De Europese Commissie rapporteert aan het Europees Parlement het volgende:

‘Belanghebbenden uit het gehele spectrum zijn het erover eens dat de regelgevingsvereisten op het gebied van bestrijdingsmiddelen in de EU tot de strengste ter wereld behoren. Uit de evaluatie, zoals toegelicht in het begeleidende werkdocument van de diensten van de Commissie, blijkt dat de verordening gewasbeschermingsmiddelen en de MRL-verordening de bescherming van de menselijke gezondheid en het milieu waarborgen en over het algemeen doeltreffend zijn, maar dat de uitvoering nog kan worden verbeterd. In lijn met de vermindering van het aantal werkzame stoffen in het kader van Richtlijn 91/414/EEG is de verordening gewasbeschermingsmiddelen met name doeltreffend gebleken voor de verdere uitbanning van stoffen met een hoog risico; de bepalingen om het gebruik van stoffen met een laag risico te bevorderen, werpen ondertussen hun vruchten af. De toegevoegde waarde van de verordeningen op EU-niveau wordt alom erkend, evenals hun relevantie in het licht van de steeds evoluerende maatschappelijke behoeften. Met uitzondering van de vastgestelde inconsistenties met betrekking tot de uitsluitingscriteria, is de samenhang grotendeels verzekerd, zowel intern, binnen en tussen de verordeningen, als extern, met andere EU-wetgeving en internationale regelgeving¹³⁴.

Vooraf efficiëntie blijkt een cruciaal aandachtspunt te zijn. Vanwege een gebrek aan middelen en capaciteit in de lidstaten, is er bij het merendeel van de in de verordeningen vastgestelde processen sprake van ernstige vertragingen, die op hun beurt negatieve gevolgen hebben voor de doeltreffendheid ervan.

De follow-up van deze evaluatie zal specifiek gericht zijn op de verbetering van de uitvoering van het bestaande wetgevingskader. Er zijn zestien gebieden geïdentificeerd waarop de uitvoering op korte en middellange termijn kan worden verbeterd. Deze maatregelen kunnen aanzienlijke verbeteringen opleveren met betrekking tot de doeltreffende uitvoering van de twee verordeningen op korte termijn, wat zal zorgen voor een aanzienlijke bijdrage aan de verwezenlijking van de doelstellingen van de Europese Green Deal, de “van boer tot bord”-strategie en de biodiversiteitsstrategie. Een snelle uitbanning van de werkzame stoffen die niet aan de goedkeuringscriteria voldoen, zal gezonde ecosystemen en biodiversiteit stimuleren en tegelijkertijd het gebruik van bestrijdingsmiddelen met een laag risico en niet-chemische bestrijdingsmiddelen bevorderen en de uitvoering van de bepalingen van de richtlijn inzake duurzaam gebruik versterken — met name wat geïntegreerde gewasbescherming betreft. Dit alles zal de afhankelijkheid van chemische bestrijdingsmiddelen verminderen en bijdragen tot duurzamere systemen voor de productie van levensmiddelen. De Commissie zal nadenken over manieren om milieuaspecten in acht te nemen bij de beoordeling van aanvragen voor invoertoleranties voor stoffen die in de EU niet langer zijn goedgekeurd, rekening houdend met de WTO-normen en -verplichtingen.

¹³³ <https://www.cbd.int/>

¹³⁴ <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/822ccd0f-9a95-11ea-9d2d-01aa75ed71a1/language-en>

Mocht dit nodig blijken, dan zal de Commissie overwegen de MRL-verordening te herzien om de milieudimensie ervan te versterken en voor de nodige overeenstemming met het goedkeuringsproces voor bestrijdingsmiddelen te zorgen.¹³⁵

Daarnaast is Directive 128/2009/EC (Strategic Use Directive) van belang waarin de richtlijnen voor nationale lidstaten zijn uitgewerkt om het duurzaam gebruik van gewasbeschermingsmiddelen te bevorderen. De lidstaten hebben deze uitgewerkt in nationale actieprogramma's. Ook deze richtlijn is recent geëvalueerd. Voorlopige conclusies laten zien dat zowel de effectiviteit als de efficiëntie van deze richtlijn moeilijk te beoordelen zijn, vanwege gebrek aan data en maatstaven waarmee een verband gelegd kan worden tussen de beoogde doelen van deze richtlijn, de genomen maatregelen en de gevolgen daarvan.

Voor uitvoering van het fytosanitair beleid zijn de Plant Health Law in 2019 (Regulation EC (No.) 2016/2031) van kracht geworden, als vervanger van de Fytorichtlijn, zie voor verdere toelichting hoofdstuk 3.

De Controlerichtlijn (Verordening (EU) 2017/625) is een belangrijke richtlijn voor de controle op de voorschriften uit andere verordeningen gericht op het borgen van de humane gezondheid, diergezondheid, plantgezondheid en gewasbescherming.

Specifieke voorschriften

Ook regelgeving op aangrenzende beleidsterreinen kan invloed hebben op de plantgezondheid. De belangrijkste zijn de voorschriften voor de biologische landbouw, het nutriëntenbeleid en de GMO-regelgeving.

Biologische landbouw. Het uitgangspunt van de biologische teelt is dat er uitsluitend middelen van natuurlijke oorsprong in de teelt worden toegepast. Het instrumentarium om de plantgezondheid te beschermen is daarmee beperkter dan in conventionele teelt. Sinds 1 januari 2022 is nieuwe EU-regelgeving van kracht.

Nutriëntenbeleid. Dit jaar is de nieuwe EU meststoffenrichtlijn van kracht geworden, waarmee de handel in meststoffen wordt gereguleerd. Een aantal categorieën stoffen heeft invloed op de plantgezondheid, zoals biostimulanten.

In het *GMO-beleid* is geregeld dat moderne veredelings technieken niet gebruikt mogen worden in de plantenveredeling. Dit beleid ligt in toenemende mate onder vuur, omdat de focus zich richt op de techniek, en niet op de uitkomst. Wanneer moderne veredelings technieken gebruikt worden binnen de grenzen van soorteigen DNA, kan het veredelingsproces versneld worden, zonder dat er sprake is van genetische modificatie, waarbij niet soorteigen eigenschappen worden ingekruist.

Nederland

In lijn met Regulation EC (No.) 1107/2009 heeft de Rijksoverheid in 2007 de Wet Gewasbeschermingsmiddelen en Biociden aangepast, waarin richtlijnen zijn opgenomen voor het toelaten van gewasbeschermingsmiddelen, en de bevoegdheid voor het College voor de toelating van gewasbeschermingsmiddelen en biociden (Ctgb) om de procedures toe te passen en te beslissen over toelating.

Om uitvoering te geven aan de Europese Strategic Use Directive heeft Nederland eind 2020 het Nationaal Actie Programma Duurzaam gebruik Gewasbeschermingsmiddelen vastgelegd, waarin de beleidsvoornemens en acties zijn vastgelegd. Het onderliggende Nederlandse gewasbeschermingsbeleid is vastgelegd in het Uitvoeringsprogramma Toekomstvisie Gewasbescherming 2030, dat in 2020 is vastgesteld. In Nederland heeft de Nederlandse Voedsel- en Warenautoriteit (NVWA) de verantwoordelijkheid voor het toezicht op de naleving van de wetten en verantwoordelijkheden, samen met de Inspectie Leefomgeving en Transport, de Nederlandse Arbeidsinspectie, het Staatstoezicht op de Mijnen en de Waterschappen.

¹³⁵ REPORT FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT AND THE COUNCIL Evaluation of Regulation (EC) No 1107/2009 on the placing of plant protection products on the market and of Regulation (EC) No 396/2005 on maximum residue levels of pesticides. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/PDF/?uri=CELEX:52020DC0208&from=en>

Wat betekent wet- en regelgeving voor de plantgezondheid? De fytosanitaire wet- en regelgeving bevat het instrumentarium om de plantgezondheid te beschermen tegen invasieve ziekten, plagen en onkruiden, zowel om introductie te voorkomen, als om te bestrijden na introductie. De wet- en regelgeving van gewasbescherming regelt de toelating van gewasbeschermingsmiddelen binnen de randvoorwaarden dat het gebruik geen

- a) geen schadelijke effecten heeft op de gezondheid van de mens, met name die van kwetsbare bevolkingsgroepen, of op die van dieren, rekening houdend met bekende cumulatieve en synergistische effecten waar er aanvaarde wetenschappelijke methoden om dergelijke effecten te evalueren beschikbaar zijn, noch op het grondwater;
- b) geen onaanvaardbaar effect op het milieu heeft.

In de loop van de tijd zijn deze criteria steeds verder aangescherpt, waardoor middelen die eerder zijn toegelaten geen toelating meer hebben. Beperking van het middelenpakket reduceert in eerste instantie de mogelijkheid voor boeren en tuinders om gewassen te beschermen, maar creëert in tweede instantie de behoefte aan alternatieve gewasbeschermingsmethoden, waarmee bovengenoemde risico's voorkomen of verder beperkt kunnen worden. Dat kunnen laag-risico middelen zijn, of niet-chemische methoden. Een beperkt middelenpakket vergroot ook de mogelijkheid op resistentie-ontwikkeling, waardoor de werkzaamheid van middelen afneemt.

Nederland kent daarnaast teeltvoorschriften, die bijdragen aan plantgezondheid. De voorschriften dragen vooral bij aan preventie, onder meer door gewasrotatie, de bestrijdingsplicht voor enkele (fyto)sanitair ongewenste planten en de verplichting om mogelijke besmettingshaarden van pathogenen te voorkomen dan wel de bestrijden. De voorschriften zijn door de betreffende sectoren (akkerbouw en tuinbouw) zelf ingesteld¹³⁶.

7.3.2 Trends en scenario's

De wet- en regelgeving is voortdurend in beweging. Enerzijds omdat wetgeving periodiek geëvalueerd wordt met als doel om na te gaan of doelen gehaald worden en of dat doelmatig gebeurt. Anderzijds moet wet- en regelgeving voortdurend inspelen op maatschappelijk trends (zie par. 7.2). Deze maatschappelijke trends worden door de Europese Commissie en de Nederlandse overheid verwerkt in beleidsnotities, plannen. Na maatschappelijk en parlementair debat worden de kernpunten vastgelegd in wet- en regelgeving. De wet- en regelgeving richt zich rechtstreeks op gewasbescherming, zowel in het voorkomen van ongewenste effecten, als in het stimuleren van gewenste gewasbeschermingspraktijken. Het richt zich indirect op gewasbescherming wanneer de te beschermen doelen centraal staan. Een voorbeeld daarvan is de Europese Kaderrichtlijn Water met doelen die in 2027 gehaald moeten zijn.

Een belangrijke nieuwe trend is gezet met de European Green Deal, waarmee de Europese Commissie ambieert een belangrijke bijdrage te leveren aan het voorkomen van klimaatverandering en milieuverontreiniging en het beperken van de gevolgen daarvan. Voor verduurzaming van het voedselsysteem is de Green Deal uitgewerkt in de Farm to Fork Strategie. Deze strategie bevat ook doelstellingen voor gewasbescherming. De belangrijkste zijn de reductie van het risico en het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen met 50% en vermindering van het gebruik van de gevaarlijker gewasbeschermingsmiddelen, de zogenoemde candidates for substitution. Daarnaast zijn er doelen opgenomen waarmee de consumptie van duurzaam geproduceerde producten gestimuleerd worden. In juni 2022 heeft de Europese Commissie het voorstel voor de Strategic Use Regulation (SUR) gepresenteerd. Om de voor de voorganger (SUD) een richtlijn was maar de evaluatie liet zien dat deze te vrijblijvend was krijgt deze regulering een meer bindend karakter. Tevens bevat de SUR de uitwerking van de doelen voor gewasbescherming op lidstaat niveau die bindend zijn. Lidstaten kunnen gebruik maken van een marge, maar op EU niveau moet de 50% reductie van het risico gehaald worden.¹³⁷ Ook de Chemicals strategy for sustainability die in oktober 2021 is gelanceerd, richt zich op het beter beschermen van burgers en het milieu, en het bevorderen van innovatie gericht op veilige en duurzame chemicaliën. Schadelijke chemicaliën worden uitgebannen. Risicobeoordelingsstrategieën worden aangepast en vereenvoudigd¹³⁸.

¹³⁶ <https://www.nvwa.nl/onderwerpen/teeltvoorschriften-akkerbouw-en-tuinbouw>

¹³⁷ https://food.ec.europa.eu/system/files/2022-06/pesticides_sud_eval_2022_reg_2022-305_en.pdf

¹³⁸ https://ec.europa.eu/environment/strategy/chemicals-strategy_en

In Nederland is het huidige beleid vastgelegd in de Toekomstvisie Gewasbescherming 2030. De wijze waarop de doelen gehaald moeten worden zijn vastgelegd in het Uitvoeringsprogramma. De daarin vastgelegde doelen die een weergave zijn van de trend in gewasbescherming zijn:

1. Plant en teeltsystemen zijn weerbaar
2. Land- en tuinbouw en natuur zijn met elkaar verbonden
3. Nagenoeg zonder emissies naar het milieu en nagenoeg zonder residuen op producten

De onderliggende trend in het overheidsbeleid, wat in de EU zichtbaar begint te worden is dat doelstellingen minder vrijblijvend worden en dat de publieke druk om te verduurzamen toeneemt. In het verlengde daarvan is het ook opvallend dat het adagium 'van zorgen voor naar zorgen dat' minder aan de orde is, en de rol van de overheid groter wordt.

Doordat de overheid meer directief wordt, kan er scherper gestuurd worden om de gewasbeschermingspraktijk te laten voldoen aan de maatschappelijke randvoorwaarden (gezondheid en milieu). Omdat de overheid niet zelf zorgt voor gewasbeschermingsmiddelen en methoden kan dat inhouden dat de mogelijkheden om de plantgezondheid te beschermen verder beperkt worden.

7.3.3 Korte illustraties van specifieke implicaties voor sectoren

Er zijn talloze voorbeelden te bedenken hoe beleid invloed heeft op de plantgezondheid. In deze paragraaf willen we een paar voorbeelden noemen. Te denken valt in de eerste plaats aan resistentie-ontwikkeling van ziekten, plagen en onkruiden. Wanneer het middelenpakket smal is worden de beperkte middelen vaak ingezet. De kans is dan aanwezig dat er door mutatie van het DNA resistentie ontstaat tegen het middel, wat daardoor zijn werkzaamheid verliest. Er blijven dan nog minder middelen over om in te grijpen, waardoor een negatieve spiraal ontstaat. Een voldoende breed middelenpakket is daarom van belang.

Beperking van het middelenpakket doordat middelen hun toelating verliezen, hoeft niet te leiden tot beperking van de milieubelasting. Er kan ook sprake zijn van verschuiving van de milieubelasting. Een voorbeeld daarvan is het verbod van Imidacloprid in de zaadbehandeling van suikerbieten. Dit middel, een neonicotinoïde, is geschrapt vanwege de mogelijk schadelijk effecten op bestuivers en nuttige insecten. Het CLM heeft een studie gedaan naar de gevolgen van dit verbod in de teelt van suikerbieten voor het milieu. Zij concludeert dat de milieubelasting voor onder meer het grondwater sterk afgenomen, maar als gevolg van het toepassen van alternatieve middelen is de milieubelasting voor het waterleven toegenomen (Hoogendoorn et al., 2020_).

Een recent uitgevoerde impact assessment van de Farm to Fork Strategie voor de hele EU heeft laten zien dat er substantiële opbrengstverliezen kunnen optreden wanneer de doelen om het gebruik en risico van gewasbescherming met 50% te reduceren in 2030 gehaald moeten worden. Dat is met name het geval in blijvende teelten zoals de appelteelt en in mindere mate de éénjarige teelten, zoals de akkerbouw. De geschatte opbrengstverliezen lopen uiteen van gemiddeld 10 tot 15% voor de éénjarige teelten tot gemiddeld 15 a 20% voor de blijvende teelten. Dat vraagt om intensivering van de inspanningen om tijdig effectieve alternatieve duurzame gewasbeschermingsmethoden beschikbaar te hebben¹³⁹.

Bij de PPS Akkerbouw op Zand wordt onderzoek gedaan naar duurzamer telen zonder gebruik van de Candidates for Substitution¹⁴⁰. Na vier jaar onderzoek is een eerste bevinding dat het haalbaar is om gewassen te beschermen zonder deze middelen. Maar het ICM-systeem levert onder de streep minder op dan het gangbare systeem, vooral door grotere risico's op ziekten in suikerbieten en aardappelen. Het ICM-systeem wordt ook geïntroduceerd in de praktijk, via een pilot waarin Artemis en BO Akkerbouw samenwerken met de WUR. De pilot maakt deel uit van het Uitvoeringsprogramma Toekomstvisie Gewasbescherming 2030 en het Actieplan Plangezondheid van BO Akkerbouw. Knelpunten in de plantgezondheid worden aangepakt met biostimulanten en biocontrol (gewasbeschermingsmiddelen van natuurlijke oorsprong). De eerste bevindingen wijzen uit dat met de huidige biostimulanten en biologische middelen niet in enkele jaren een weerbaar teeltsysteem is op te bouwen. De beide brancheorganisaties pleiten daarom voor een betere en vooral snellere toelating van biologische en/of laag-risico middelen.

¹³⁹ <https://edepot.wur.nl/558517>

¹⁴⁰ <https://www.wur.nl/nl/onderzoek-resultaten/onderzoeksinstituten/plant-research/open-teelten/show-openteelten/integrale-aanpak-gewasbescherming-voor-de-akkerbouw-op-zand.htm>

8 Witte vlekken en uitdagingen richting 2030

In de voorgaande hoofdstukken kwam af en toe al (zijdelings) aan de orde over welke belangrijke zaken eigenlijk nog te weinig kennis en inzicht bestaat (witte vlekken) en op welk terrein in het bijzonder uitdagingen in de komende jaren verwacht worden. In dit hoofdstuk lichten we er een aantal uit om een samenvattende indruk te geven van de opgaven die er liggen om stappen te kunnen zetten in de richting van de Toekomstvisie Gewasbescherming 2030. Hoewel niet onbelangrijk, gaan we hier niet in op beleidskeuzes die daarmee verband houden of zouden moeten houden. Dit is geen beleidsevaluatie. Ook gaan we niet of nauwelijks in op de manier waarop de witte vlekken en uitdagingen opgepakt zouden kunnen worden, omdat dit geen volledige scenario-analyse betreft. Daar zijn andere beleidsprocessen voor.

Op dit moment gaat het in dit hoofdstuk dus vooral om het signaleren en identificeren van de zaken die de komende jaren geadresseerd zouden kunnen worden. Het betreft hier met name zaken die tijdens de gesprekken met diverse UG partners boven tafel zijn gekomen, of uit wetenschappelijke literatuur naar voren zijn gekomen.

Dit gezegd hebbend, onderschrijven wij wat wij van diverse UG partners meekregen, dat de huidige witte vlekken en uitdagingen niet los van relevant beleid in het verleden begrepen kunnen worden, en dat beleid voor de toekomst mede bepalend zal zijn voor de mate waarin witte vlekken ingevuld, en uitdagingen geadresseerd zullen worden. We hopen dat dit rapport daarom ook in een ander proces naast de staat van en trends/ontwikkelingen rondom relevant beleid gelegd zal worden om helder te krijgen op welke manier beleid het beste kan bijdragen aan het adresseren van de in dit rapport genoemde witte vlekken en algemene en specifieke uitdagingen rond gewasbescherming.

In het volgende hoofdstuk geven we een kort overzicht van witte vlekken en uitdagingen richting 2030, zoveel mogelijk in relatie tot eerder benoemde onderwerpen.

8.1. Scenario studies

Het panel for the future of science and technology (STOA) van het Europese parlement (EP) heeft vier scenario's voor de toekomst van gewasbescherming in Europa in 2050 laten ontwikkelen in een eerdere studie¹⁴¹. De basis voor de scenario-ontwikkeling betrof zogenaamde sleutelfactoren welke via de STEEPED approach¹⁴² werden geordend: Society, Technology, Economy, Ecology, Politics, Ethical, and Demographics.

De vier scenario's betroffen: 1. "Status quo", 2. "Mitigation of impacts", "Pragmatic adaptation", "Disruptive shift to sustainability".

1. Status Quo

Gewasbescherming ontwikkelt zich op basis van huidige ontwikkelingen op de sleutelfactoren.



Figuur 8.1 De vier scenarios uit de foresight studie voor gewasbescherming in Europa in 2050¹⁴⁷.

¹⁴¹ EPRS_STU(2021)656330(ANN2)_EN.pdf (europa.eu)

¹⁴² Van Woensel, L. (2020). A Bias Radar for Responsible Policy-Making. Foresight-Based Scientific Advice. Palgrave, 2020. doi: 10.1007/978-3-030-32126-0

Dit betekent dat de afhankelijkheid van chemische gewasbeschermingsmiddelen van de land- en tuinbouw nagenoeg niet verandert. De beschikbaarheid van biologische gewasbeschermingsmiddelen is beperkt. Nieuwe plantenveredelingstechnieken worden in Europa niet toegepast. Toepassing van precisielandbouwtechnieken vindt beperkt plaats, op grote gespecialiseerde bedrijven.

2. Mitigation of Impacts

In dit scenario zijn burgers en consumenten zich bewust van de gevolgen van hun gedrag op natuur en milieu. Consumptiepatronen worden aangepast. De gerichte beheersing van ziekten, plagen en onkruiden vindt met name plaats door laag risicostoffen en biologische bestrijders. Precisielandbouwtechnieken worden in alle sectoren en gewassen benut. Nieuwe plantenveredelingstechnieken worden in Europa niet toegepast.

3. Pragmatic adaptation

Door klimaatverandering is het nodig om teeltsystemen aan te passen. Teeltsystemen worden herontworpen om meer weerbaar te zijn tegen de gevolgen van klimaatverandering (abiotische stressoren), maar ook weerbaarder tegen ziekten, plagen en onkruiden. Rassen die ontwikkeld zijn met behulp van nieuwe plantenveredelingstechnieken en precisielandbouwtechnieken worden breed toegepast. De ontwikkeling van biologische bestrijdingstechnieken is beperkt.

4. Disruptive shift to sustainability

In dit scenario worden alle mogelijke methoden en technieken ingezet om te verduurzamen. Er zijn biodiverse teeltsystemen ontwikkeld, waarin rassen beschikbaar zijn die met nieuwe veredelingstechnieken zijn ontwikkeld, er is een brede inzet geweest op de ontwikkeling van biologische bestrijders en precisielandbouwtechnieken worden breed benut.

De scenario's werden besproken met stakeholders (agrariërs, consumenten, industrie, NGO). De meeste zorgen bij alle stakeholders baarde het status quo scenario vanwege de blijvende afhankelijkheid van chemische gewasbeschermingsmiddelen. Het mitigatie en pragmatische scenario brachten mogelijkheden voor innovatie, en ruimte voor nieuwe spelers op de markt. Het meest perspectief en meeste impact wordt bereikt met het disruptieve scenario. Voor dit scenario zijn wel investeringen en grote wijzigingen op EU-niveau nodig, om een significante verandering te kunnen bereiken.

Voor gewasbescherming in Nederland is nog geen scenario-studie gedaan. Een scenario-studie gebaseerd op de STEEPED methodiek, gekoppeld aan de doelen van het UP Toekomstvisie Gewasbescherming 2030 is wellicht behulpzaam om een overzicht te krijgen van verschillende transitiepaden richting 2030, in relatie tot grotere maatschappelijke ontwikkelingen.

8.2 Fytosanitair beleid en derde landen

Witte vlekken:

- Voldoende capaciteit en expertise m.b.t. de diverse groepen van quarantaine organismen
- Interne opleiding en overdracht van expertise bij pensionering en/of vertrek
- Structurele financiering voor fytosanitaire kennisontwikkeling
- Betekenis van een detectie-uitslag
- Risico-inschatting van de aanwezigheid van een bepaalde hoeveelheid van een plantenpathogeen

Uitdagingen:

- Klassieke fytopathologie opleiding aan universiteiten.
- Voldoende capaciteit bij NVWA
- Meer nationale samenwerking op het gebied van quarantaine organismen tussen WUR, keuringsdiensten en NVWA, maar ook internationaal.
- Kennis over fytosanitair naar de sector brengen.
- De verduurzaming in lijn/ in balans krijgen met wat reëel mogelijk is en om een voldoende groot middelen- of maatregelenpakket te realiseren

Een meer structurele versterking van het fyto-sanitaire kennisstelsel binnen de verschillende onderdelen is noodzakelijk. Het stelsel als geheel moet werken. Nederland kan zich niet permitteren basiskennis verloren te laten gaan; het bedrijfsleven (zowel productie als handel) kan daar in ernstige mate last van krijgen. Er moet in Nederland een broedplaats van fyto-sanitaire expertise zijn (bij KD's, NVWA, WUR en ook bedrijfsleven) met voldoende kritische massa.

8.3 Beschikbaarheid en toepassing van effectieve laag risico gewasbeschermingsmogelijkheden

Witte vlekken:

- Effectieve strategieën gebaseerd op (microbiële) laag risicostoffen voor binnen en buitenteelten;
- Kennis over ziekten en plagen-populatie-dynamica en koppeling met actiedrempels t.b.v. tijdig ingrijpen met laag-risico middelen in de context van een weerbaar teeltsysteem.
- Interactie van laag risico middelen met overige middelen en maatregelen.
- Resistentiemanagement van laag risico middelen.

Uitdagingen:

- Ontwikkeling van voldoende laag risico stoffen, waaronder micro organismen, voor de binnen en buiten teelten;
- Effectieve strategieën voor nieuwe (invasieve) ziekten, plagen en onkruiden;
- Versnelling van het beoordelingsproces voor de toelating van laag risicostoffen in Europa en laag risicomiddelen in de lidstaten (Capaciteit bij toelatingsinstanties). In Nederland heeft het Ctgb recent een apart loket voor de toelating van laag risico gewasbeschermingsmiddelen geopend.

8.3 Ontwikkelingen voor weerbare teeltsystemen met minder afhankelijkheid van gewasbeschermingsmiddelen

Weerbare teeltconcepten

Witte vlekken

- Het vergaren van kennis over hoe kassen, percelen of boomgaarden kunnen worden ingericht om beneficials te stimuleren en schade door ziekten, plagen en onkruiden te voorkomen.
- Het begrijpen van de relatie tussen gewasdiversiteit in tijd en ruimte en de populatie-dynamica van ziekten en plagen.
- Het identificeren van de juiste samenstelling van natuurlijke vegetatie en het effectief inzetten van functionele agrobiodiversiteit.

Uitdagingen

- Het vinden van een balans tussen verschillende aspecten van veerkrachtige teeltconcepten. Maatregelen die gericht zijn op het verminderen van een ziekte kunnen bijvoorbeeld juist de groei van plagen bevorderen. Ook kunnen maatregelen die gericht zijn op het doorbreken van de levenscyclus van een onkruid een negatieve invloed hebben op de weerbaarheid van de bodem tegen ziekten.
- Het omgaan met de veranderende toolbox waarover ondernemers kunnen beschikken. Dit wordt beïnvloed door factoren zoals klimaatverandering, de markt, wetgeving en de publieke opinie.

Weerbare bodem

Witte vlekken:

- Er ontbreken betrouwbare technieken voor de detectie van bepaalde bodempathogenen en plagen (voor nematoden zijn goed ontwikkelde technieken beschikbaar).
- Het vaststellen van indicatoren en streefwaarden voor bodembio-logie en het opnemen ervan in de BLN (Bodemindicatoren voor Landbouwgronden Nederland).

- Praktisch toepasbare kennis over de interactie tussen (biologische) bodemkwaliteit en de weerbaarheid van de bodem tegen ziekten en plagen, dit omvat:
 - Systeemweerbaarheid (vruchtopvolging);
 - Voldoende brede kennis over de waardplantstatus en schadegevoeligheid van gewassen voor aaltjes, schimmels en insecten: de witte vlekken in het aaltjesschema, schimmelschema en insectenschema;
 - Kennis over de effecten van strokenteelt op de populatiedynamica van (bodem)ziekten (en daarmee samenhangende bodemmicrobiologie);
 - Effecten van zaai en afbreekmoment groenbemesters en mengsels
 - Microbiële ziekteverendheid
 - Kennis over de effecten van type organische stof bronnen, dosering en moment van toepassen op ziekteverendheid.
 - Inzicht in technieken en maatregelen waarmee de biologische bodemsamenstelling gestuurd kan worden;
 - Abiotische ziekteverendheid.

Uitdagingen:

- Perceel registratiesysteem, waar telers informatie kunnen vinden over de historie en bodemkwaliteit (besmettingen met bodemgebonden ziekten) van percelen.
- Maatregelen die in potproeven de weerbaarheid bevorderen toepasbaar maken voor de praktijk. Vertalen van gevonden resultaten onder geconditioneerde omstandigheden naar het veld.

Weerbare rassen

Witte vlekken:

- De laatste 10-15 jaar is de wetenschappelijke kennis van resistentiemechanismen en hoe deze genetisch gereguleerd worden, sterk gegroeid door de sterke voortgang in de kennis van het genoom van gewassen. Onderzoek naar gevoeligheidsgenen is pas sinds enkele jaren in opmars.
- Het type beslissingsondersteunende systemen voor effectief resistentie management met achterliggende kennis van pathotypes en werking van resistentiegenen zoals Euroblight, ontbreekt nog voor tal van relevante plantenziekten.
- Aangezien ziekten en plagen zelf zich ook kunnen aanpassen en bijvoorbeeld bepaalde resistentiegenen kunnen doorbreken, zullen de gewenste stapelingen van resistentiegenen ook over de jaren aangepast moeten kunnen worden wat betreft samenstelling. Huidige (klassieke) verdelingstechnieken zijn daarvoor te tijdrovend en er ontbreekt daarvoor nog veelal relevante genomische kennis.
- Voor het komen tot systeemgerichte invulling van gewenste raseigenschappen gericht op verhoging van de weerbaarheid te komen, mist nog wetenschappelijke kennis van hoe weerbaarheid van de plant interacteert met weerbaarheid op systeemniveau.
- Een openteeltsysteem, waarin tussen de gewasrijen nog een bepaalde periode mechanische onkruidbeheersing mogelijk is zonder gewasschade en vervolgens het gewas in korte tijd sluit, stelt andere wensen ten aanzien van onkruidonderdrukkend vermogen van een ras dan die gesteld worden in bijvoorbeeld een volvelds gezaaid gewas. Ook hier ontbreekt nog relevante systeemgerichte kennis.
- Rassen met resistentie tegen meerdere ziekten en plagen.

Uitdagingen:

- Niet alle mogelijkheden om snel weerbare rassen te ontwikkelen zijn door de huidige GMO regelgeving beschikbaar (b.v. CRISPR/Cas).
- De genetische basis is niet eindeloos; er is een beperkt aantal resistentie genen beschikbaar tegen ziekten.
- Inpassing van weerbare rassen in de nieuwe weerbare teeltconcepten, inclusief resistentie management.

Gezond uitgangsmateriaal

Witte vlekken:

- Lineaire systemen voor de opkweek van schoon uitgangsmateriaal uit weefselkweek in de kas voor bollen;
- Van vegetatieve vermeerdering naar hybride zaadvermeerdering waar mogelijk.

Uitdagingen:

- Brede beschikbaarheid van Kwaliteitsplus certificeringsschema's;
- Marges staan onder druk waardoor kwekers minder ruimte hebben om te innoveren.

Inzet nuttige organismen

Witte vlekken

- Betrouwbare inzet van biologische bestrijders in met name de open teelten;
- Relatie over gebiedsinrichting en de aanwezigheid van functionele agrobiodiversiteit op het perceel;
- Maatregelen die specifiek de aanwezigheid van natuurlijke vijanden bevorderen in een teelt.

Uitdagingen

- Identificatie van voldoende nieuwe biologische bestrijders;
- Het Nagoya protocol belemmert onderzoek naar nieuwe biologische bestrijders van exotische oorsprong.

Precisielandbouw

Witte vlekken:

- Automatische detectie van ziekten, plagen en onkruiden (ZPO's) op soortniveau, inclusief detectie 'green on green' bij onkruidbeheersing.
- Beslis- en actieregels die detectie van ziekten, plagen en onkruiden koppelen aan de juiste maatregelen (timing en dosering) voor zowel chemische als niet-chemische methoden.
- De stap naar plantgericht behandelen (integratie van detectie, beslissen en actuatie op veldrobots) bevindt zich nog vooral op TRL-niveau 4-5. De oplossingen voor de Nederlandse teeltsystemen zullen vooral uit eigen R&D moeten komen omdat internationaal er veel meer naar de grootschalige teelten gekeken wordt als soja, mais en granen.

Uitdagingen :

- Digitalisering van landbouwbedrijven met verbetering van de data-infrastructuur op het boerenbedrijf en bijhorende data-governance. Hierdoor zal transparantie en tracking & tracing van gewasbescherming verbeteren. Sturen op KPI's wordt dan ook mogelijk. Met name ontwikkeling van Closed Loop Spraying en het digitaal kunnen loggen van wat gedaan is in een gewas qua gewasbescherming (as applied kaarten naar bedrijfsmanagementsysteem van het boerenbedrijf).
- Een en ander vraagt kennis en onderzoek over herkenning van ziekten, plagen en onkruiden, beslisregels, precisie-actuatie, digitalisering, applicaties en verdienmodellen.

Detectietechnieken

Witte vlekken:

- Snelle detectietechnieken (moleculair of sensorisch) voor gangbare ziekten, plagen en onkruiden
- Voldoende taxonomische kennis van Q-organismen.
- Voldoende betrouwbare sequentiegegevens in internationale databases

Uitdagingen:

- Kennis en expertise ten aanzien van pathogeniciteit.
- Validatie en accreditatie van detectiemethoden voor q-organismen. Referentiemateriaal is moeilijk te krijgen door Nagoya.
- Meer nationale en internationale samenwerking tussen kennisinstellingen, keuringsdiensten en nationale referentiecentra.

8.4 Ontwikkelingen richting weerbare teeltsystemen met minder afhankelijkheid van gewasbeschermingsmiddelen per sector

Bloembollenteelt

Witte vlekken en uitdagingen

- Eenrichtingssysteem voor de ontwikkeling van schoon uitgangsmateriaal
- Inzicht in de mogelijkheden die functionele agrobiodiversiteit maatregelen bieden om virusverspreiding in bloembollen tegen te gaan? Hierbij verdient het vroege teeltseizoen (oktober-juni) van voorjaarsbloeiende bloembollen extra aandacht.
- Informatie over een goede bodemkwaliteit, zowel fysisch als biologisch? Wat is de economische waarde van een goede bodem (bepaalde indicatoren)?
- Meer inzicht rond verschillende varianten van ziekteverwekkers.
- Wanneer beschermt natuurlijk afweer, bodemweerbaarheid, biostimulant etc. voldoende en onder welke factoren is chemische bescherming/bestrijding nodig?

Fruitteelt

Witte vlekken en uitdagingen

- Systeemaanpak Fruitteelt. Voor de geïntegreerde en biologische sector moeten de belangrijkste knelpunten in de gewasbescherming en potentiële oplossingsrichtingen geïdentificeerd worden om de middelaafhankelijkheid te verminderen. Op basis daarvan wordt een geïntegreerd systeem ontworpen. Vernieuwende elementen kunnen de mix van (resistente) soorten en/of rassen (strokenteelt), een bodemleven dat zorgt voor een snelle bladvertering, en 'groene' bestrijding zijn.
- Precisietoediening Fruitteelt. Op dit moment worden de precisiespuiten nog niet op individueel dopniveau aangestuurd en is variabele dosering op basis van of de taakkaart of de sensoren per sectie van de boom nog niet mogelijk.

Glastuinbouw

Witte vlekken en uitdagingen

- Opbouwen en het jaarrond in stand houden van een robuust ecosysteem van biologisch bestrijders voor diverse teelten. Het is bekend dat een grote diversiteit aan natuurlijk vijanden kan bijdragen aan een robuuster systeem van plaagbeheersing door meer "backups" van soorten die bestrijding van plagen kunnen opvangen wanneer andere soorten wegvallen door bijvoorbeeld een noodzakelijke bespuiting. De principes zijn bekend maar er is nog onvoldoende ervaring om te komen tot een kant en klaar recept voor de diverse teelten en seizoenen.
- (Nieuwe bestrijders voor invasieve of moeilijk te bestrijden plagen. We zien dat ondanks het succes van biologische bestrijding het pesticide gebruik in de glastuinbouw nog steeds aanzienlijk is. Een belangrijke reden zijn nieuwe invasieve plagen. Daarnaast blijven er problemen bij bestrijding van diverse luizen en een aantal andere plagen zoals rupsen en wantsen
- Inzicht in vermogen van verschillen gewassen en cultivars om gebruik te maken van geïnduceerde resistentie. Uit onderzoek is bekend dat geïnduceerde resistentie sterk kan bijdragen aan de bescherming van gewassen tegen ziekten en plagen. Het vermogen van bepaalde gewassen en cultivars om deze resistentie op te bouwen verschilt echter sterk en is momenteel onvoldoende bekend
- Meten van verloop van plantweerbaarheid in de tijd onder praktijk omstandigheden. Tot nu toe kan geïnduceerde weerbaarheid alleen indirect vastgesteld worden door het meten van plantenhormonen, morfologische kenmerken, plantinhoudstoffen of activiteit van genen die aan deze kenmerken verbonden zijn. Ook bio-toetsen met plagen en schimmels worden ingezet. Dit zijn methoden die voor onderzoek goed te gebruiken zijn, maar voor de praktijk ontbreekt een praktisch meetsysteem voor geïnduceerde plantweerbaarheid met bijbehorende referentieniveaus om de gemeten waarden te interpreteren (7.1.5)
- Voldoende concrete handvaten om effectief te sturen op de bodemweerbaarheid.
- De principes om de bodem/substraatweerbaarheid te versterken door het toevoegen van organische materialen of biostimulanten zijn op hoofdlijnen bekend. Voor een succesvolle toepassing in de praktijk is echter aanvullende kennis nodig over de omstandigheden waaronder bepaalde ingrepen daadwerkelijk bijdragen aan een hogere bodemweerbaarheid.

Akkerbouw en vollegrondsgroenten

Witte vlekken en uitdagingen

- Gewasdiversiteit in ruimte en tijd- verbinden met omgeving. Er is nog onvoldoende praktische toepasbare kennis over de inrichting van perceel en bedrijf tbv stimuleren van beneficials en voorkomen van schade door ziekten, plagen en onkruiden.
- Robuuste rassen. Nieuwe of multi-pele resistenties tegen ziekten en plagen, passend in weerbare gangbare en biologische teeltsystemen.
- Bodembeheer. Kennis gericht op de (biologische) bodemkwaliteit- en weerbaarheid waarmee maatregelen voor verbetering van de kwaliteit en weerbaarheid ontwikkeld kunnen worden.
- Monitoring & Decision support. Beslissingsondersteuning voor de koppeling van ziekten en plagen- populatiedynamica aan actiedrempels tbv (invasieve) tijdige beheersing in de context van weerbare teeltsystemen.
- Gerichte bestrijding. Effectieve strategieën gebaseerd op (microbiële) laagrisicostoffen, interactie met chemische gewasbeschermingsmiddelen, effectieve strategieën voor schimmelziekten, effectieve strategieën voor nieuwe (invasieve) ziekten, plagen en onkruiden.

Overkoepelend:

Nieuwe teeltconcepten voor integrale aanpak van ziekten, plagen en onkruiden, via herontwerp door gebruik te maken van alle vijf pijlers.

8.5 Relevante autonome ontwikkelingen

Klimaatverandering

Uitgebreide analyses van effecten van klimaatverandering en klimaatscenario's op het voorkomen van ziekten en plagen is voor veel Nederlandse teelten nog niet uitgevoerd. Deze analyses zouden belangrijke inzichten op kunnen leveren. Op basis van klimaatparameters (temperatuur, luchtvochtigheid, droogte, bladnat) kan het optreden van ziekten en plagen voorspeld worden. In het buitenland zijn zulke analyses wel al verricht.

De verschillen in termen van kwetsbaarheid tussen biologische landbouw en gangbare landbouw voor klimaatverandering en plantgezondheid is nog niet goed in beeld.

Bewustwording bij ondernemers en organisaties in de landbouw voor klimaatverandering en de effecten op plantgezondheid.

Adaptatiemaatregelen om efficiënt om te kunnen gaan met de effecten van klimaatverandering, specifiek gericht op ziekten, plagen en onkruiden. Dan met name gericht op de nieuwe ziekten en plagen die hun intreden aan het doen zijn, of gaan doen.

Ontwikkeling van rassen en gewassen die bestand zijn tegen de bedreigingen van klimaatverandering, zoals de ziekten en plagen beschreven in Hoofdstuk 7 over klimaatverandering.

Om ziekten en plagen te controleren, wordt nu nog veel gebruik gemaakt van (chemische) gewasbeschermingsmiddelen. Echter, het gewasbeschermingsmiddelenpakket wordt beperkter, waardoor bestrijding van omvangrijkere ziekten en plagen als gevolg van klimaatverandering lastiger kan gaan worden. Ziekten en plagen kunnen ook tot ontwikkeling komen als er geen effectieve bestrijding meer is. Deze ontwikkeling kan versterkt worden door de klimaatveranderingen.

Sociaal-economische ontwikkelingen

Wetenschappelijke bewijsvoering en maatschappelijke opinie lopen niet altijd parallel. Het maatschappelijk sentiment kan een dusdanige dynamiek krijgen, dat wetenschappelijke kennis er niet meer toe doet. We zien dat in het debat over de relatie tussen neonics en bestuivers. "Neonics deugen niet en moeten daarom weg." Tegelijkertijd blijft het uitgangspunt dat beleid van een deugdelijke wetenschappelijke basis moet worden voorzien. Hoe de relatie tussen wetenschap, maatschappelijke opinie en beleid vormgegeven moet worden om aan alle aspecten recht te doen, en daarmee het juiste evenwicht te vinden in het beschermen van de plantgezondheid is een witte vlek. Dit geldt overigens breder dan gewasbescherming.

Wet- en regelgeving

Hoe verduurzaming van de gewasbescherming en toepassing van IPM kan worden bevorderd. De wijze waarop dat nu gebeurt is te vrijblijvend. Er mag enerzijds meer druk komen, en anderzijds meer aandacht voor beloning van goed presterende bedrijven.

Gewasbeschermingsbeleid gericht op weerbare teelten en fytosanitair beleid staan op gespannen voet met elkaar. Vanuit het oogpunt van duurzaamheid is de aanwezigheid van een ziekte of plaag in het gewas geen probleem, als de druk niet leidt tot schade boven de economic injury level. Om planten en plantaardige producten te kunnen exporteren moeten ze volledig vrij zijn van organismen. De toegepaste nul-tolerantie vraagt om maatregelen die leiden tot afwezigheid van de ziekteverwekker of plaagorganisme op het product. Dat bemoeilijkt een geïntegreerde aanpak.

De uitdaging is om de gewasbescherming zodanig vorm te geven dat deze duurzaam is, en tegelijkertijd leidt tot producten die de fytosanitaire toets (zowel voor import als voor export) kunnen doorstaan.

MRLs worden strenger en technieken om bestrijdingsmiddelen te detecteren steeds verfijnder. Met deze technieken kunnen zeer lage concentraties worden aangetoond. Dat kan ook het gevolg zijn van emissie uit de omgeving. Het hoeft dus niet zo te zijn dat middelen gebruikt worden in een teelt in daarin aangetoond te worden. Dat kan tot spanningen leiden. Om dit op te lossen is beleid nodig.

9 Samenvattende conclusie en aanbevelingen

T.a.v. trends in het optreden van ziekten, plagen en onkruiden in Nederland werden in 2022 voor alle sectoren bij elkaar in totaal 148 zorgwekkende ontwikkelingen vastgesteld, wat neerkomt op **een stijging van 34% ten opzichte van 2016**. Deze toename wordt door kerninformanten toegeschreven aan verschillende belangrijke factoren, waaronder een beperktere beschikbaarheid van middelen en maatregelen, het doorbreken van resistenties, strengere exporteisen, beperkte mogelijkheden om chemische gewasbeschermingsmiddelen te combineren met andere middelen en maatregelen, evenals een groeiend aantal invasieve plagen en ziekten. De ontdekking van Q-organismen wordt ook beschouwd als een verontrustende ontwikkeling vanwege het gebrek aan effectieve bestrijdingsopties. Gelukkig zijn er in totaal elf ontwikkelingen die niet langer als verontrustend worden beschouwd, dankzij resistente gewasvariëteiten, effectieve IPM-strategieën en de uitbreiding van het assortiment beschikbare (laag-risico) middelen.

De toename van ziekten, plagen en onkruiden heeft geleid tot een grotere behoefte aan arbeidskrachten, hogere bestrijdingskosten, het ontstaan van resistenties in resistente gewasvariëteiten, een grotere vraag naar nieuwe percelen (vooral voor bollen), verminderde opbrengsten en afkeuring van partijen in de internationale handel. Deze ontwikkelingen baarden al in 2016 zorgen en er werden verschillende mogelijke oplossingsrichtingen voorgesteld, zoals het aanpassen van teeltsystemen, betere kennisimplementatie, kennisontwikkeling, duurzaam bodembeheer, preventie en hygiëne, marktontwikkelingen en beleidsmaatregelen. Zes jaar later worden sommige van deze oplossingen nog steeds genoemd als mogelijke oplossing, zoals het benutten van akkerranden voor het bevorderen van natuurlijke vijanden, het gebruik van resistente rassen, monitoringssystemen en precisielandbouw en robotica. Helaas zijn deze oplossingen nog steeds onvoldoende ontwikkeld of te kostbaar om de implicaties van de toenemende zorgwekkende ontwikkelingen afdoende te beperken.

Dat beeld wordt ondersteund door de gevonden **trends op het gebied van beschikbare maatregelen**.

Sinds 2016 wordt in verschillende sectoren gewerkt aan de ontwikkeling van weerbare teeltsystemen en de componenten daarvan. **Weerbare teeltsystemen** verminderen het gebruik van gewasbeschermings-middelen door

ziekten, plagen en onkruiden minder kans te geven. Dit wordt bereikt door een combinatie van maatregelen en methoden gericht op bodem- en plantweerbaarheid, robuuste rassen, gezond uitgangsmateriaal, inzet van nuttigen, ontwikkeling van alternatieve middelen en maatregelen en ondersteund door precisielandbouw, datamanagement en goede diagnostiek. Ook op deze deelgebieden vindt onderzoek en innovatie plaats. De ontwikkeling van weerbare teeltsystemen is net als de ontwikkeling van de genoemde deelgebieden nog volop bezig. Daarmee is in geen van de sectoren een weerbaar teeltsysteem beschikbaar voor telers dat een volledig alternatief kan bieden voor de huidige gangbare teeltwijze. Wel zijn er, afhankelijk van de sector, individuele technieken en maatregelen beschikbaar gekomen waar ondernemers gebruik van kunnen maken (bv. beslissingsondersteunende systemen voor een aantal ziekten, biologische bestrijders in de glastuinbouw).

Bodemweerbaarheid tegen ziekten en plagen is een moeilijk meetbaar en stuurbaar begrip en wordt beïnvloed door factoren zoals bodemeigenschappen, omgevingsfactoren en managementpraktijken

Aanbeveling

Investeer in de ontwikkeling van weerbare teeltsystemen. Focus daarbij op:

- Kennis over hoe kassen, percelen of boomgaarden kunnen worden ingericht om beneficials te stimuleren;
- Het begrijpen van de relatie tussen gewasdiversiteit in tijd en ruimte en de populatiedynamica van ziekten en plagen
- Het identificeren van de juiste samenstelling van natuurlijke vegetatie en het effectief inzetten van functionele agrobiodiversiteit

Op dit moment zijn nog geen harde parameters gevonden die als maatstaf kunnen dienen voor bodemweerbaarheid.

Er wordt onderzoek gedaan naar indicatoren, en er zijn enkele perspectiefvolle richtingen, zoals Hot Water Carbon, PLFA, PMN, microbiom-analyses, milieuaaltjes en bodemrespiratie. Echter, geen van deze levert momenteel de benodigde benchmarks die als basis kunnen dienen voor uitspraken over bodemweerbaarheid. Het gericht beïnvloeden van bodemeigenschappen die bodemweerbaarheid bevorderen is maar zeer beperkt mogelijk doordat betrouwbare indicatoren en referentie- en streefwaardes nog grotendeels ontbreken. Hierdoor is het voor agrarische ondernemers momenteel zeer moeilijk om gericht maatregelen te nemen die de bodemweerbaarheid verhogen tegen ziekten en plagen.

Aanbeveling

Investeer in de praktisch toepasbare kennis over de interactie tussen (biologische) bodemkwaliteit en de weerbaarheid van de bodem tegen ziekten en plagen. Focus daarop op:

- Systeemweerbaarheid (vruchtopvolging);
- Voldoende brede kennis over de waardplantstatus en schadegevoeligheid van gewassen voor aaltjes, schimmels en insecten;
- Microbiële ziekteverendheid;
- Kennis over de effecten van type organische stof bronnen, dosering en moment van toepassen op ziekteverendheid.
- Inzicht in technieken en maatregelen waarmee de biologische bodemsamenstelling gestuurd kan worden;
- Abiotische ziekteverendheid.

Ook **Plantweerbaarheid** is voor telers nog moeilijk te benutten in de meeste sectoren. Plantweerbaarheid, het natuurlijke vermogen van planten om zich te verdedigen tegen plagen en ziekten, wordt geïnduceerd door plantenhormonen. Het vergelijken van kenmerken tussen vatbare en minder vatbare rassen kan inzicht geven in belangrijke weerbaarheidskenmerken. Deze kennis wordt toegepast in de ontwikkeling van merkers, groene gewasbeschermingsmiddelen en het gericht beïnvloeden van weerbaarheidskenmerken. Biostimulanten, op basis van wier- en algenextracten, humuszuren, micro-organismen en compost, worden vaak genoemd in relatie tot plantweerbaarheid, hoewel hun effectiviteit nog nader onderzocht moet worden.

Er is een grote vraag naar **rassen** die zowel gunstige kwaliteitseigenschappen hebben als resistent zijn tegen meerdere ziekten en plagen. Telers beschikken in veel situaties nog niet over rassen die over eigenschappen beschikken die gevraagd worden door de markt, en die voldoende basis bieden voor de beheersing van ziekten, plagen en onkruiden. De ontwikkeling van deze rassen duurt met de huidige veredelingsprogramma's nog steeds te lang om op korte termijn (voor 2030) wel over die rassen te kunnen beschikken. Recente wetenschappelijke ontwikkelingen, zoals cisgenese en gene editing zoals CRISPR/Cas, bieden nieuwe mogelijkheden om veredelingsprogramma's te versnellen en gericht te maken. De huidige EU-regelgeving voor genetisch gemodificeerde organismen (GMO's) zorgt echter voor onzekerheid bij veredelingsbedrijven en belemmert de toelating van rassen die met deze nieuwe technieken zijn ontwikkeld. Eind 2021 heeft de EU Commissie opdracht gegeven tot een zogenoemde "Impact assessment" om vast te stellen middels diverse studies en consultaties welke gevolgen een modernisering van de GMO regelgeving zal hebben voor toelating van rassen die veredeld zijn met behulp van deze nieuwe technieken. De impactbeoordeling wordt verwacht in 2023.

Aanbeveling

- Investeer in de wetenschappelijke kennis van gevoeligheidsmechanismen en hoe deze genetisch gereguleerd worden, zoals dat ook voor resistentie is gedaan.
- Investeer in beslissingsondersteunende systemen voor effectief resistentiemanagement met achterliggende kennis van pathotypes en werking van resistentiegenen.
- Investeer in wetenschappelijke kennis over de interactie tussen weerbaarheid van de plant met weerbaarheid op systeemniveau.
- Stimuleer de ontwikkeling van rassen met resistentie tegen meerdere ziekten en plagen
- Biedt telers voldoende middelen en maatregelen voor goed resistentiemanagement van de rassen die nu al wel beschikbaar zijn, om verlies van resistenties te voorkomen.

Er zijn diverse hygiënemaatregelen voor kwekers beschikbaar om besmetting of verspreiding van ziekten en plagen tijdens de teelt van **uitgangsmateriaal** te voorkomen, zoals het desinfecteren van irrigatiewater, gereedschap dat wordt gebruikt tijdens de teelt, en het waarborgen van de hygiëne van medewerkers die de locatie betreden.

Vanuit Naktuinbouw wordt er al een aantal jaar gewerkt aan private kwaliteitsplus-certificeringsschema's om tijdens de teelt van uitgangsmateriaal de kans op besmetting met ziekten en plagen zo klein mogelijk te houden. Deze regelingen bestrijken een scala aan gewassen en omvatten maatregelen die specifiek zijn voor bepaalde ziekten en plagen. Er wordt geprobeerd om deze regelingen uit te breiden naar andere gewassen en alternatieve teeltmethoden te verkennen om het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen te verminderen.

Een interessante ontwikkeling in de bloembollensector is de verschuiving naar een eenrichtingssysteem in plaats van een circulair teeltsysteem. Schoon uitgangsmateriaal verkregen via weefselkweek wordt gebruikt om de opbouw van ziekten en plagen te minimaliseren. Weefselkweek is echter tijdrovend en kostbaar, waardoor het beperkt toepasbaar is voor alle bolgewassen. Lopende projecten onderzoeken de overgang naar een eenrichtingssysteem, waarbij schoon uitgangsmateriaal in kassen wordt geteeld en verdere specialisatie binnen de bloembollensector plaatsvindt. Er wordt ook overwogen om over te stappen van vegetatieve vermeerdering naar hybride zaadvermeerdering bij gewassen zoals aardbeien en aardappelen. Onderzoeksprojecten onderzoeken de mogelijkheden van zaadvermeerderde rassen. Het telen van gewassen uit zaden in plaats van vegetatieve vermeerdering biedt ook voordelen zoals vereenvoudigde fytosanitaire eisen aan grenzen.

Aanbeveling

- Investeer in de ontwikkeling van lineaire systemen voor de opkweek van schoon uitgangsmateriaal uit weefselkweek in de kas voor bollen;
- Investeer in de ontwikkeling van hybride zaadvermeerdering i.p.v. vegetatieve vermeerdering;
- Zorg voor een brede beschikbaarheid van Kwaliteitsplus certificeringsschema's.

Aanbeveling

- Investeer in de ontwikkeling van betrouwbare biologische bestrijders in met name de open teelten;
- Ontwikkel kennis over de relatie tussen gebiedsinrichting en de aanwezigheid van functionele agrobiodiversiteit op het perceel;
- Ontwikkel maatregelen die specifiek de aanwezigheid van natuurlijke vijanden bevorderen in een teelt.

Biologische bestrijders kunnen door telers actief worden ingezet als biologische bestrijdingsmiddelen of worden gestimuleerd als natuurlijke vijanden in met name de glastuinbouw. Micro- en macro-organismen kunnen als biologische bestrijders worden gebruikt, maar voor sommige (zoals bacteriën, schimmels en virussen) is een toelating vereist. Het gebruik van generalistische roofmijten is toegenomen en bijvoeren van bestrijders is populairder geworden. In Nederland zijn ongeveer 60 soorten biologische bestrijders verkrijgbaar, maar

slechts 15 worden op grote schaal gebruikt. De sierteeltsector maakt het meest gebruik van biologische bestrijders. In andere sectoren zoals akkerbouw en vollegrondsgroenten is het gebruik beperkter. Het stimuleren van natuurlijke vijanden kan ook worden toegepast door het bieden van alternatieve voedselbronnen en schuilplaatsen. Regulering en hoge kosten vormen knelpunten voor de ontwikkeling en toepassing van biologische bestrijders.

Precisielandbouw is een bedrijfsmanagementconcept dat zich richt op het optimaliseren van gewasplanten en boerderijdieren binnen het agro-ecosysteem, gebaseerd op data en kennis. Het maakt gebruik van technologieën zoals bodemvochtsensoren, GPS, precisie-gestuurde machines en informatiesystemen. Precisielandbouw helpt bij het nemen van strategische beslissingen, het nauwkeurig uitvoeren van handelingen in het gewas en het optimaliseren van gewasbescherming. Het is een groeimodel dat verschillende niveaus kent, van het gebruik van satellietbeelden en taakkaarten (PL2.0) tot autonome teeltmaatregelen met veldrobots en data-gedreven productie (PL3.0 en PL4.0). Hoewel de adoptie van precisielandbouwstechnieken varieert, tonen enquêtes aan dat veel agrarische bedrijven al basisniveaus van precisielandbouw implementeren, zoals GPS en informatiesystemen. Belangrijke motivaties voor investeringen in precisielandbouw zijn efficiënt gebruik van middelen en nauwkeurig werken.

De Nederlandse landbouw heeft enkele toonaangevende precisielandbouwtoepassingen, maar in het algemeen loopt het niet voorop op dit gebied. Wereldwijde ontwikkelingen in precisielandbouw vinden voornamelijk plaats in landen met grote bedrijven en gewassen zoals tarwe, maïs en soja. De Nederlandse landbouw is kleinschaliger en diverser, waardoor specifieke precisielandbouwtoepassingen nodig zijn. De ontwikkeling van gewasbeschermingstoepassingen, zoals het koppelen van data aan adviesmodules voor herbiciden en fungiciden, is wel een voorbeeld voor de rest van de wereld. De ontwikkeling van onkruidherkenningsystemen en mechanische onkruidbestrijding is echter vertraagd. Data wordt in het kader van het Gemeenschappelijk Landbouw Beleid (GLB) ook vaker gebruikt voor verantwoording, maar dit vereist technische en organisatorische ontwikkelingen.

Aanbeveling

- Investeer in de detectie van ziekten, plagen en onkruiden met sensoren op soortniveau, inclusief detectie 'green on green' bij onkruidbeheersing;
- Ontwikkel beslis- en actieregels die detectie van ziekten, plagen en onkruiden koppelen aan de juiste maatregelen (timing en dosering) voor laag risico middelen;
- Investeer in plantgericht behandelen (integratie van detectie, beslissen en actuatie op veldrobots) voor de Nederlandse teeltsystemen omdat internationaal naar de grootschalige teelten gekeken wordt als soja, maïs en granen.
- Stimuleer digitalisering van landbouwbedrijven met verbetering van de data-infrastructuur op het boerenbedrijf en bijhorende data-governance.

Om ziekteverwekkers in de land- en tuinbouw op te sporen, is er behoefte aan specifieke, gevoelige, robuuste en snelle **diagnostiek** tegen lage kosten. Vroegere testen waren gebaseerd op microscopische en

Aanbeveling

- Draag zorg voor snelle detectietechnieken (moleculair of sensorisch) voor gangbare ziekten, plagen en onkruiden
- Zorg voor voldoende taxonomische kennis van Q-organismen en goede referentiecollecties.
- Investeer in betrouwbare sequentiegegevens in

andere biologische eigenschappen, maar visuele beoordeling is niet altijd mogelijk door gebrek aan experts. Testen gebaseerd op antilichamen, zoals ELISA en LFD's, zijn ontwikkeld sinds de jaren 70 en kunnen specifieke bacteriën en virussen detecteren. Moleculaire testen, zoals PCR, zijn sinds de jaren 90 in opkomst en maken gebruik van de DNA-volgorde van ziekteverwekkers. Nieuwere methoden zoals LAMP bieden mogelijkheden voor veld- en locatiemetingen. Detectie van meerdere ziekteverwekkers tegelijk, zoals met het Luminex-systeem, wordt steeds belangrijker. Ook niet-destructieve methoden zoals Next Generation Phenotyping worden onderzocht. Validatie, samenwerking, en beschikbaarheid van

referentiemateriaal blijven uitdagingen. Toenemende handel en sequentie-analyses hebben implicaties voor detectiemethoden, en het interpreteren van testresultaten is belangrijk voor telers en adviseurs.

Trends op het gebied van beschikbaarheid van werkzame stoffen (EU) en gewasbeschermingsmiddelen (NL)

Sinds 2007 is er een trend waarbij het aantal toegelaten werkzame stoffen en gewasbeschermingsmiddelen in Nederland toeneemt, met een lichte daling sinds 2019. Het is echter belangrijk op te merken dat deze trend geen directe indicatie is voor de beschikbaarheid van gewasbeschermingsmiddelen die specifiek gericht zijn op ziekten, plagen of onkruiden in specifieke teelten. Ondanks de groei van het aantal toegelaten middelen, ervaren verschillende sectoren steeds meer uitdagingen bij het beheersen van ziekten, plagen en onkruiden, wat suggereert dat de beschikbare middelen mogelijk ontoereikend zijn. Helaas worden er geen overzichten bijgehouden van de beschikbare middelen en maatregelen per ziekte, plaag of onkruid in elke specifieke teelt.

Aanbeveling

Maak een overzicht van beschikbare middelen voor de beheersing van ziekten, plagen en onkruiden per gewas voor een goed inzicht van de beschikbaarheid van effectieve middelen.

In 2020 is de verkoop van gewasbeschermingsmiddelen in Nederland met 10% gedaald ten opzichte van 2011, gemeten in kilogram. Van alle verkochte producten zijn fungiciden de meest verkochte middelen in Nederland, gevolgd door herbiciden.

Het CBS verzamelt en publiceert elke 4 jaar gegevens over het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen in de landbouw in Nederland via enquêtes onder telers. De CBS-gegevens laten een vergelijkbare trend zien als de Eurostat-verkoopcijfers van gewasbeschermingsmiddelen binnen en buiten de landbouw in Nederland: een afname in het gebruik van fungiciden en herbiciden, en een toename in het gebruik van insecticiden. Het lijkt erop dat **de afhankelijkheid van fungiciden en herbiciden het grootst is, maar wel afneemt, terwijl de afhankelijkheid van insecticiden lijkt toe te nemen.**

Het is belangrijk op te merken dat de hoeveelheid gebruikte of verkochte kilogrammen geen maatstaf zijn voor het risico dat gepaard gaat met het gebruik en de afhankelijkheid van deze middelen. Daarom is er ook gekeken naar de harmonised risk indicators (HRI). Deze indicatoren, HRI1 en HRI2, zijn vastgesteld door de Europese Commissie om trends te laten zien met betrekking tot de risico's die gepaard gaan met het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen. HRI1 meet het risico op basis van verkoop- en gebruikscijfers, terwijl HRI2 het risico meet op basis van het aantal verleende vrijstellingen. Actieve stoffen worden gegroepeerd in vier groepen en zeven categorieën op basis van hun risiconiveau, inclusief stoffen met een laag risico. De HRI1 neemt voor Nederland in de periode 2011-2020 bijna ieder jaar af, met uitzondering van 2016 en 2020. Ook in landen als Duitsland, Frankrijk en België is een afname ten opzichte van de referentieperiode 2011-2013 waar te nemen. Dit lijkt erop te wijzen dat niet alleen de verkoop van gewasbeschermingsmiddelen en stoffen in Nederland in kg daalt, maar dat ook het risico afneemt. De cijfers laten ook zien dat de aanwezigheid van laag risico stoffen op de EU markt toeneemt en dat de aanwezigheid van stoffen die nog niet of niet meer zijn goedgekeurd afneemt. Het volume van laag risico stoffen in het totaal is echter nog relatief laag ten opzichte van het totaal aantal stoffen. Daarnaast valt op dat de toename van de laag risico stoffen veroorzaakt wordt door de stijging van stoffen op basis van micro-organismen en dat het aantal laag risico stoffen op basis van chemische stoffen afneemt. Er is een toename van stoffen op basis van micro-organismen. Net als in omliggende landen stijgt in Nederland de HRI 2. Ook het CtGB constateert een stijging van het aantal aangevraagde vrijstellingen in Nederland. Vrijstellingen in Nederland worden aangevraagd voor teelten waar nog geen goed alternatief beschikbaar is, of voor kleine toepassingen (Nederland heeft relatief veel kleine, specialistische gewassen) waarvoor door de toelatingshouder geen aanvraag is ingediend. Samen met de geconstateerde verontrustende ontwikkelingen kan dit wijzen op **een afnemend aantal mogelijkheden om ziekten, plagen en onkruiden in verschillende (kleine) teelten te beheersen.**

Aanbeveling

Stimuleer de ontwikkeling van voldoende laag risico stoffen, waaronder micro organismen, voor de binnen- en buiten-teelten. Besteed daarbij voldoende aandacht aan de voor Nederland belangrijke, maar internationaal kleine, teelten.

Klimaatverandering zal zeker invloed hebben op mogelijkheden die telers hebben om ziekten, plagen en onkruiden te beheersen. De combinatie van een veranderend neerslagpatroon over het jaar en de toename van de temperatuur beïnvloeden de faciliterende omstandigheden voor ziekten, plagen en onkruiden. Effecten van klimaatverandering op de insect/pathogeen – plantrelatie kunnen daarom heel verschillend van aard zijn. Sommige ziekten en plagen zullen verdwijnen uit Nederland, waar anderen zich straks kunnen vestigen. Klimaatverandering, en met name een temperatuursverhoging kan drie hoofdeffecten hebben: toename in de ontwikkelingssnelheid, verspreiding en aantal generaties per jaar van de pathogenen/plagen, bijvoorbeeld voor fruitmot; toename in de overwintering van de pathogenen/plagen, bijvoorbeeld bij Suzuki-fruitvlieg; toename in waardplant gevoeligheid, bijvoorbeeld voor zwartvruchtrot.

Aanbeveling

- Voer analyses van effecten van klimaatverandering en klimaatscenario's op het voorkomen van ziekten en plagen in Nederlandse teelten uit.
- Ontwikkel adaptatiemaatregelen om efficiënt om te kunnen gaan met de effecten van klimaatverandering, specifiek gericht op ziekten, plagen en onkruiden. Focus dan met name gericht op de nieuwe ziekten en plagen die hun intreden aan het doen zijn, of gaan doen.
- Besteed in veredelingsprogramma's bijzondere aandacht aan eigenschappen die anticiperen op de effecten van klimaatverandering.

Verschillende **sociaaleconomische omstandigheden zijn direct of indirect van invloed op de plantgezondheid** in de Nederlandse land- en tuinbouw.

Deze betreffen voedselzekerheid, het inkomen van agrariërs, internationale handel, maatschappelijke ontwikkelingen, ketenontwikkelingen en consumentenvoorkeuren. Voedselzekerheid is niet alleen afhankelijk van de hoeveelheid voedselproductie, maar ook van de kwaliteit, veiligheid en toegankelijkheid ervan. Het beschermen van de plantgezondheid draagt bij aan voldoende en veilig voedsel. Het gebruik van schadelijke gewasbeschermingsmiddelen kan echter de kwaliteit van voedsel beïnvloeden, terwijl het ontbreken van middelen bij bepaalde ziekten en plagen juist een bedreiging kan vormen voor de voedselveiligheid. Voedselzekerheid is een internationaal vraagstuk dat in de context van Nederland minder prominent is, maar met de groeiende wereldbevolking naar 10 miljard mensen in 2050, zijn effectieve methoden voor de beheersing van ziekten, plagen en onkruiden nodig.

Het aandeel van **gewasbeschermingskosten** in de totale bedrijfskosten kunnen sterk verschillen tussen sectoren. In de glasgroenteteelt ligt dit aandeel op ongeveer 2% en in de akkerbouw op ongeveer 11%. Sectoren zoals de bloembollenteelt en de fruitteelt zitten daar met respectievelijk 8% en 5% tussenin. In de meeste sectoren is dit aandeel stabiel. In de glasgroenteteelt is het sinds 2010 toegenomen toen het op ongeveer 1% lag, en in de fruitteelt is het gedaald van ongeveer 7% naar de genoemde 5%. Het vraagt om een nadere analyse wat hiervan de achtergronden zijn. Er is voorsnog geen redenen om aan te nemen dat de ontwikkelingen in het inkomen van de boer gevolgen heeft voor de plantgezondheid en de toegepaste gewasbescherming. Wel is de verwachting dat duurzame teeltmethoden duurder kunnen zijn en dat daarmee de kosten van gewasbescherming een hoger aandeel in de totale kosten kunnen innemen.

De **internationale handel** die is opgebouwd op basis van binnenlandse productie wordt steeds meer uitgebouwd naar een regiefunctie. Nederland heeft dat kunnen doen door de aanwezigheid van mainports als de Rotterdamse haven en Schiphol, harmonisatie van logistieke standaarden en elektronische handel, standaardisatie van kwaliteit, snelle controle en douaneafhandeling. Dat laatste raakt ook de plantgezondheid, omdat de eis om vrij te zijn van ziekten en plagen mede bepalend is voor het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen. Internationale handel kan echter ook nieuwe ziekten en plagen introduceren, wat desastreuze gevolgen kan hebben. Import van uitgangsmateriaal en polyfage organismen vormen daarbij het grootste risico.

Ketenontwikkelingen en **consumentengedrag** worden beïnvloed door duurzaamheidsstandaarden en keurmerken. Ketenpartners eisen vaak naleving van deze standaarden, waardoor er prikkels ontstaan om duurzame productieprocessen te bevorderen. Gewasbescherming is een belangrijk aspect binnen deze ontwikkelingen. Verschillende initiatieven en samenwerkingsverbanden, zowel publiek-privaat als privaat, streven naar duurzame handel in diverse productgroepen. Private initiatieven nemen toe, maar er is behoefte aan harmonisatie van deze initiatieven. Wat betreft consumentengedrag blijkt uit onderzoek dat de perceptie van plantaardige producten beter is dan die van dierlijke producten. Gezondheid en milieu spelen een belangrijke rol bij de keuzes die consumenten maken. Het Voedingscentrum benadrukt de gezondheidsvoordelen van groente en fruit, die ruimschoots opwegen tegen mogelijke gezondheidsrisico's van bestrijdingsmiddelen. Duurzame voedselconsumptie neemt toe in Nederland, maar dit betekent niet automatisch dat consumenten bereid zijn meer te betalen voor producten met een laag middelengebruik.

Maatschappelijke ontwikkelingen richten zich vaak op negatieve gevolgen van gewasbescherming, zoals milieuschade en gezondheidsrisico's. NGO's spelen hierin een rol en stimuleren het **maatschappelijk debat**. Er is een discussie gaande over de schadelijke gezondheidseffecten van gewasbeschermingsmiddelen. Onderzoek heeft aangetoond dat verschillende stoffen, waaronder gewasbeschermingsmiddelen, in de bodem en oppervlaktewater in de omgeving van teeltgebieden voorkomen. Hoewel de normen niet zijn overschreden, zorgt dit onderzoek voor onrust onder omwonenden en wordt de roep om een verbod luider. Het debat over middelengebruik en milieu is vooral intens in Drenthe, waar bollentelers lelies telen. Er zijn initiatieven gestart om samen met onderzoekers, overheden, middelenleveranciers, omwonenden en telers te werken aan kwalitatief hoogwaardige lelieteelt met zo min mogelijk impact op de natuur en het milieu.

De **wet- en regelgeving** op het gebied van plantgezondheid is voortdurend in ontwikkeling. Enerzijds worden wetten periodiek geëvalueerd om te controleren of de gestelde doelen worden behaald en of de aanpak doeltreffend is. Anderzijds moet de wetgeving voortdurend inspelen op maatschappelijke trends.

Deze trends worden geïntegreerd in beleidsnotities en plannen door de Europese Commissie en de Nederlandse overheid.

Een belangrijke nieuwe trend is de Europese Green Deal, waarmee de Europese Commissie beoogt een significante bijdrage te leveren aan het voorkomen van klimaatverandering en milieuverontreiniging, en het beperken van de gevolgen daarvan. Voor de verduurzaming van het voedselsysteem is de Farm to Fork Strategie ontwikkeld als onderdeel van de Green Deal. Deze strategie bevat doelstellingen voor gewasbescherming, waaronder het verminderen van het risico en het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen met 50%, en het verminderen van het gebruik van gevaarlijkere gewasbeschermingsmiddelen, ook wel bekend als "candidates for substitution". Een algemene trend in het overheidsbeleid, die ook zichtbaar is binnen de EU, is dat doelstellingen minder vrijblijvend worden en dat de publieke druk om te verduurzamen toeneemt..

Referentielijst

- Abbasi, P.A., Ali, S., Braun, G., Eric Bevis, E., Fillmore, S., 2019. Reducing apple scab and frog-eye or black rot infections with salicylic acid or its analogue on field-established apple trees. *Canadian Journal of Plant Pathology* 41: 345-354.
- Allema, B., Nederpel, C.T.M., 2021. Functionele akkerranden voor plaagbeheersing. Wageningen University & Research en BO-Akkerbouw. Geraadpleegd op 8 juni 2022: <https://edepot.wur.nl/563182>
- Allema, B., van Rozen, K., Helsen, H., Huiting, H., Verbeek, M., van Tol, R., 2020. Natuurvriendelijke bestrijding van bladluizen : voorkómen van hoge populatiedichtheden en curatief bestrijden. <https://doi.org/https://doi.org/10.18174/534151>
- ANLV Geestgronden, 2018. Project Patrijs. Geraadpleegd op 24 februari 2022: <https://anlvgeestgrond.nl/project-patrijs/>
- ANLV Geestgronden, 2021. Telgegevens Bollenvogels. Geraadpleegd op 24 februari 2022: <https://anlvgeestgrond.nl/wp-content/uploads/2021/03/telgegevens.jpg>
- Arens, P., 2021. Fijnkartering tulpresistenties en ontwikkeling nieuwe veredelingstechnieken. Geraadpleegd op 4 februari 2022: <https://www.wur.nl/nl/onderzoek-resultaten/onderzoeksprojecten-Inv/expertisegebieden/kennisonline/fijnkartering-tulpresistenties-en-ontwikkeling-nieuwe-veredelingstechnieken-.htm>
- Arens, P., Shahin, A., Tuyl, J. van, 2014. (Molecular) Breeding of Liliium. *Proceedings IIIrd International Symposium on the Genus Liliium*, 113–127. Retrieved from <https://www.actahort.org/members/showpdf?session=3391070>
- Balsari, P., Marucco, P., Tamagnone, M., 2008. Variable Spray Application Rate in Orchards according to Vegetation Characteristics. *EurAgEng paper 2008*. 12p.
- Beerling, E., E. Baeza, C. Bloemhard, R. van Holstein-Saj, G. Messelink, K. Leiss, K. Pham en C. van der Salm, 2020. Green Challenges. De ziekte en plaagdichte kas. Wageningen Plant Research, Business Unit Glastuinbouw, Wageningen. Rapport WPR-940.
- Bengtsson, M., Wulff, E., Lindhard Pedersen, H., Paaske, K., Lyngs Jørgensen, H.J., Hockenhull, J., 2004. New fungicides for apple scab control in organic growing. *Newsletter from Danish Research Centre for Organic Farming*, September 2004, No. 3.
- Best4Soil, 2021. Best4soil. Geraadpleegd op 4 februari 2022: <https://www.best4soil.eu/database>
- Betholdsson, 2005. Early vigour and allelopathy – two useful traits for enhanced barley and wheat competitiveness against weeds. *Weed Res.* 45: 94-102, 10.1111/j.1365-3180.2004.00442.x
- Biesmeijer, K., Schoonman, M., 2021. Samen naar een circulaire Bollenstreek. Retrieved February 3, 2022, from <https://www.naturalis.nl/wetenschap/bloeiende-bollenstreek#:~:text=In het project Samen naar,aan een winstgevende%2C natuurinclusieve bollenteelt.>
- BKD, 2021. Gewassen en uitvoeringsrichtlijnen. Geraadpleegd op 24 februari 2022: <https://www.bkd.eu/onze-dienstverlening/uitvoeringsrichtlijnen/>
- Blaix, C., A.C. Moonen, D.F. Dostatny, J. Izquierdo, J. Le Corff, J. Morrison, C. Von Redqitz, M. Schumacher, P.R. Westerman, 2018. Quantification of regulating ecosystem services provided by weeds in annual cropping systems using a systematic map approach. *Weed Res.* 58, 151-164, 10.1111/wre.12303
- BO Akkerbouw, 2021. Status Actieplan Plantgezondheid voorjaar 2021. <https://www.bo-akkerbouw.nl/files/Pdfs-algemeen/210712-Status-Actieplan-Plantgezondheid-voorjaar-2021.pdf>
- Bononomi, G. et al., 2010. Identifying the characteristics of organic soil amendments that suppress soilborne plant diseases. *Soil Biology & Biochemistry* 42: 136-144
- Bongiorno et al., 2019. Soil suppressiveness to *Pythium ultimum* in ten European long-term field experiments and its relation with soil parameters *Soil Biol Biochem* 133: 174-187
- Braakman, L., 2021. Beter organisch bemesten. *Greenity*, 88: 22–23. <https://online.flippingbook.com/view/74508577/22/>
- Bravenboer, L., Dosse, G., 1962. *Phytoseiulus riegeli* Dosse as a predator of harmful mites of the group of *Tetranychus urticae* *Entomologia Experimentalis Et Applicata* 5:291-304.

- Bus, V.G., Rikkerink, E.H., Caffier, V., Durel, C.E., Plummer, K.M., 2011. Revision of the nomenclature of the differential host-pathogen interactions of *Venturia inaequalis* and *Malus*. *Annu Rev Phytopathol* 49:391–413.
- Carisse, O., Phillion, V., Rolland, D., Bernier, J., 2000. Effect of fall application of fungal antagonists on spring ascospore production of the apple scab pathogen, *Venturia inaequalis*. *Phytopathology* 90:31-37.
- CBS, 2021. Landbouw; gewassen, dieren en grondgebruik naar regio. Geraadpleegd op 3 februari 2022: <https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/80780ned/table?ts=1643896823685>
- Conijn, C.G.M., 1994. Afrikaantjes (*Tagetes*) ter bestrijding van wortellesie-aaltjes (*Pratylenchus penetrans*). <https://doi.org/458804>
- Cova, V., Paris, R., Toller, C., Patocchi, A., Velasco, R., Komjanc, M., 2017. Apple genes involved in the response to *Venturia inaequalis* and salicylic acid treatment. *Scientia Horticulturae* 226: 157–172.
- Cromwell, M.L., Berkett, L.P., Darby, H.M., 2011. Alternative Organic Fungicides for Apple Scab Management and Their Non-target Effects. *Hortscience* 46: 1254–1259.
- D'Hose, T. et al., 2018. Responses of soil biota to non-inversion tillage and organic amendments: An analysis on European multiyear field experiments. *Pedobiologia – Journal of Soil Ecology* 6, 18-28
- Dam, M. van, Slootweg, C., Mulder, B., 2020. Werkpakket 2 van Het Nieuwe Verwerken Bloembollen. <https://doi.org/10.18174/521327>
- Darwinkel, A., 1997. Teelthandleiding wintertarwe.
- de Kool, S. A. M., 2008. Inundatie in de bloembollenteelt. <https://edepot.wur.nl/117421>
- de Kraker, J., van den Ende, J. E., Rossing, W. A. H., Bastiaansen, C., van der Werf, W., 2000. Computer-aided design of improved warning systems – a case study for *Botrytis* control in flower bulbs. *EPPO Bulletin*, 30: 105–113. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2338.2000.tb00861.x>
- De Tender, C., Mesuere, B., Van der Jeugt, F., Haegeman, A., Ruttink, T., Vandecasteele, B., Dawyndt, P., Debode, J., Kuramae, E.E., 2019. Peat substrate amended with chitin modulates the N-cycle, siderophore and chitinase responses in the lettuce rhizobiome. *Sci Rep.* 9(1):9890. doi: 10.1038/s41598-019-46106-x.
- Dean, G. J., 1974. The overwintering and abundance of cereal aphids. *Annals of Applied Biology*, 76(1), 1–7. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1974.tb01351.x> IRS.
- Debela, C., Tola, M., 2018. Effect of elevated CO₂ and temperature on Crop-Disease interactions under rapid climate change. *Int J Environ Sci Nat Res* 13(1): IJESNR.MS.ID.555851
- Delden et al., 2021 Current status and future challenges in implementing and upscaling vertical farming systems. *Nature Food* vol.2. DOI: 10.1038/s43016-021-00402-w
- De Long, J.R, Streminska, M.A., van der Salm, C., 2021. Biostimulanten: soorten en werkingsmechanismen. Wageningen University and Research, BU Glastuinbouw Rapport WPR-1076
- Delphy, 2019. Druppelirrigatie. <https://delphy.nl/wp-content/uploads/2020/01/Druppelirrigatie-Variaklantenbijeenkomst-2019-def.pdf>
- Didelot, F., Brun, L., Parisi, L., 2007. Effects of cultivar mixtures on scab control in apple orchards. *Plant Pathology* 56: 1014–1022.
- Didelot, F., Caffier, V., Baudin, M., Orain, G., Lemarquand, A., Parisi, L., 2010. Integrating scab control methods with partial effects in apple orchards: the association of cultivar resistance, sanitation and reduced fungicide schedules. *IOBC/WPRS Bull.* 54: 525-528.
- Dieleman, A., Kruidhof, M., Weerheim, K., Leiss, K.A., 2021a. LED lighting strategies affect physiology and resilience to pathogens and pests in eggplant (*Solanum melongena* L.). *Frontiers in Plant Science Article* 610046.
- Dieleman, A., Weerheim, K., Kruidhof, M., Carpineti, C., Fradin, E., Plantenga, F., van Hoogdalem, M., Leiss, K., 2021b. Duurzame teeltsystemen met LEDs, Wageningen UR-rapport 1080.
- Dwarswaard, A., Leman, A., 2019. Bij toeval galmug ontdekt. *Greenity*, 56, 74. Retrieved from <https://online.flippingbook.com/view/922899/74/>
- Dwarswaard, A., 2019b. Leliegarant. *Schoon is de basis. Greenity*, 37, 24-25. <https://groenkennisnet.nl/zoeken/resultaat/schoon-is-de-basis-:-leliegarant?id=996189>
- EFSA (European Food Safety Authority), 2015. Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance glyphosate. *EFSA Journal* 13:4302, 107 pp. doi:10.2903/j.efsa.2015.4302
- Elberse, I., Hoek, H., 2012. Groenbemesters in de strijd tegen gewone wortellesieaaltjes (*Pratylenchus penetrans*). <https://edepot.wur.nl/303238>

-
- EPRS, 2018. Directive 2009/128/EC on the sustainable use of pesticides. European Implementation Assessment. European Parliamentary Research Service. DOI: 10.2861/78
- Felipini, R.B., Boneti, J.I., Katsurayama, Y., Rocha Neto, A.C., Veleirinho, B., Maraschin, M., Di Piero, R.M., 2016. Apple scab control and activation of plant defence responses using potassium phosphite and chitosan. *Eur J Plant Pathol* (2016) 145:929–939
- Fuchs, L., Rombout, S., & Molendijk, L., 2021. Evaluatie van concept en systematiek van het Bodem Kwaliteits Plan. Retrieved from <https://edepot.wur.nl/555380>
- Gallardo, R. K., Brady, M. P., 2015. Adoption of labor-enhancing technologies by specialty crop producers: The case of the Washington apple industry. *Agricultural Finance Review*.
- Victoria, G.N., Helm, F. van der, Streminska, M., Roelofs, T., 2015. Wageningen Universiteit en Research Centrum. Glastuinbouw, Productschap Tuinbouw, Ministerie van Economische Zaken (2012- ...), Programmteam speerpunt "Kas als energiebron", & DLV Plant. Doorontwikkeling biologische grondontsmetting (bodemresetten) als alternatief voor stomen : demonstratieproeven op vier bedrijven en kasproef bij wageningen ur glastuinbouw (Ser. Rapport gtb, 1342). Wageningen UR Glastuinbouw. Retrieved April 5, 2022, from <http://edepot.wur.nl/343357>.
- Gené-Mola, J., Gregorio, E., Cheein, F. A., Guevara, J., Llorens, J., Sanz-Cortiella, R., Rosell-Polo, J. R., 2020. Fuji-air dataset: Annotated 3D LiDAR point clouds of Fuji apple trees for fruit detection scanned under different forced air flow conditions. *Data in brief*, 29, 105248.
- General Court of the European Union, 2018. Press Release nr 86/18. The General Court confirms the validity of the restrictions introduced at EU level in 2013 against the insecticides clothianidin, thiamethoxam and imidacloprid because of the risks those substances pose to bees. Geraadpleegd op 8 juni 2022 van: <https://curia.europa.eu/jcms/upload/docs/application/pdf/2018-05/cp180068en.pdf>
- Gil, E., Escola, A., Rosell, J.R., Planas, S., Val, L., 2007. Variable rate application of plant protection products in vineyard using ultrasonic sensors. *Crop Protection* 26:1287–1297.
- Gonzalez, F., C. Tkaczuk, M. M. Dinu, Z. Fiedler, S. Vidal, E. Zchori-Fein, and G. J. Messelink. 2016. New opportunities for the integration of microorganisms into biological pest control systems in greenhouse crops. *Journal of Pest Science* 89:295-311.
- Gooijer, Y., Saathof, W., Knippels, P., 2019. Samen werken aan schoon water in de Drenthse Aa. *Gewasbescherming*, 50: 124–128.
- Greenity 101, 2021. Biostimulanten bewijzen werking in Voorhoutse proeven. *Greenity*, 101: 16–17. Retrieved from <https://online.flippingbook.com/view/232074442/16/>
- Greenity 91, 2021. Minder drift en meer opbrengst. *Greenity*, 91: 44–45. Retrieved from <https://online.flippingbook.com/view/97514236/44/>
- Greenity 95, 2021a. Het teeltsysteem van de toekomst maken we nu. *Greenity*, 95: 32–33. Retrieved from <https://online.flippingbook.com/view/925818265/32/>
- Greenity 95, 2021b. Opdracht voor bouw zes tulpenselectierobots. *Greenity*, 95: 4. Retrieved from <https://online.flippingbook.com/view/925818265/4/>
- Greenity 97, 2021a. Geen branden blussen maar geïntegreerde aanpak. *Greenity*, 97: 30–31. Retrieved from <https://online.flippingbook.com/view/870427144/30/>
- Greenity 97, 2021b. Verschraling percelen dreigt voor lelies ZO-Nederland. *Greenity*, 97: 22–23. Retrieved from <https://online.flippingbook.com/view/870427144/22/>
- Grunert, O., Reheul, D., Van Labeke, M.C., Perneel, M., Hernandez-Sanabria, E., Vlaeminck, S.E., Boon, N., 2016. Growing media constituents determine the microbial nitrogen conversions in organic growing media for horticulture. *Microb Biotechnol* 9:389-99. doi: 10.1111/1751-7915.12354.
- Haan, J.J. de, van den Elsen, E., Visser, S.M., 2021. Evaluatie van de Bodemindicatoren voor Landbouwgronden in Nederland (BLN), versie 1.0. BLN, versie 1.1 en de schets van een ontwikkelpad naar een BLN, versie 2.0
- Handboek Groenbemesters, www.handboekgroenbemesters.nl
- Harmsel, R. ter, 2021. Add_Inventarisatie Land- en tuinbouw en natuur verbindende maatregelen (BO-43-102.01-016). <https://research.wur.nl/en/projects/addinventarisatie-land-en-tuinbouw-en-natuur-verbindende-maatregel>
- Haverkort, A.J., Boonekamp, P.M., Hutten, R., Jacobsen, E., Lotz, L.A.P., Kessel, G.J.T., Vossen, J.H., Visser, R.G.F., 2016. Durable late blight resistance in potato through dynamic varieties obtained by cisgenesis: scientific and societal advances in the DuRPh project. *Potato Research* 59:35-66
- Hemming et al., 2020. Cherry tomato production in intelligent greenhouses. *Sensors* 20: 6430 <https://doi.org/10.3390/s20226430>.

- Hengsdijk, H., Beerling, E.A.M., Van der Maas, M.P., Riemens, M.M., Ruigrok, P.M.M., Van der Salm, C., Slootweg, C., Sukkel, W., Wenneker, M., Lotz, L.A.P., 2022. Inventarisatie van innovatieve teeltconcepten. Rapport WPR-1179.
- Heye, C. C., Andrews, J.H., 1983. Antagonism of *Athelia bombacina* and *Chaetomium globosum* to the apple scab pathogen *Venturia inaequalis*. *Phytopathology* 73:650-654.
- HLB en CLM, 2021. Waarschuwingssystemen in de lelieteelt de vuurproef. Retrieved February 23, 2022, from <https://www.clm.nl/nieuws/waarschuwingssystemen-in-de-lelieteelt-de-vuurproef>
- Hong, S.W., Zhao, L., Zhu, H., 2018a. CFD simulation of pesticide spray from air-assisted sprayers in an apple orchard: Tree deposition and off-target losses. *Atmos. Environ.* 175 : 109–119. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2017.12.001>
- Hong, S.W., Zhao, L., Zhu, H., 2018b. SAAS, a computer program for estimating pesticide spray efficiency and drift of air-assisted pesticide applications. *Comput. Electron. Agric.* 155: 58–68. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.09.031>
- Hoogendoorn, M., van Vliet, J., Leendertse, P.C., 2020. Milieubelasting in suikerbieten voor en na verbod van neonicotinoïden –quickscan–. CLM, publicatienummer 1040. <https://edepot.wur.nl/535510>
- Hop, M., 2018. De veredeling van bloembollen (1st ed.). Bollen Academie.
- Huang, N.X., Enkegaard, A., Osborne, L.S., Ramakers, P.M.J., Messelink, G.J., Pijnakker, J., Murphy, G., 2011. The banker plant method in biological control. *Critical Reviews in Plant Sciences* 30:259-278.
- Huïting, H.F., Helsen, H.H.M., Verschoor, J.A., Hogeveen-van Echtelt, E., Beniers, J.E., 2020a. Fytosanitaire na-oogstbehandeling voor trips in paprika. Wageningen University & Research. <https://edepot.wur.nl/531537>
- Huïting, H.F., Helsen, H.H.M., Verschoor, J.A., Hogeveen-van Echtelt, E., Beniers, J.E., 2020b. CATT-behandeling tegen trips in chrysant. Wageningen University & Research. <https://edepot.wur.nl/531538>
- Huïting, H.F., Helsen, H.H.M., Verschoor, J.A., Hogeveen-van Echtelt, E., Beniers, J.E., 2020c. Na-oogstbestrijding van wittevlug in sierteeltproducten. Wageningen University & Research. <https://edepot.wur.nl/531536>
- Huïting, H., 2021. Bijdrage van agrobiodiversiteit aan gewasgezondheid op het agrarisch bedrijf. Retrieved February 4, 2022, from <https://www.wur.nl/nl/Onderzoek-Resultaten/Onderzoeksprojecten-LNV/Expertisegebieden/kennisonline/De-bijdrage-van-agrobiodiversiteit-aan-gewasgezondheid-op-het-agrarisch-bedrijf-1.htm>
- Hulst, R. van der, Goodijk, D., 2021. 1e voorzet KPI's naar aanleiding van de gebiedsgesprekken Gebiedspilot bloembollen. Retrieved from <https://assets.kavb.nl/docs/d539b90b-b7d9-4a9d-a6ce-13901dc2a173.pdf>
- Hussey, N. W., Bravenboer, L., 1971. Control of pests in glasshouse culture by the introduction of natural enemies Pages 195-216 in C. B. Huffaker, editor. *Biological Control*. Plenum Press, New York-London.
- Iqbal, J., Xu, R., Sun, S., & Li, C., 2020. Simulation of an autonomous mobile robot for LiDAR-based in-field phenotyping and Navigation. *Robotics*, 9: 46.
- Jansen, M., 2021. De Groene Tulp. Retrieved February 4, 2022, from <https://www.verify.nl/projecten/de-groene-tulp/>
- Janssen, A., Sabelis, M.W., Magalhaes, S., Montserrat, M., Hammen, T. van der, 2007. Habitat structure affects intraguild predation. *Ecology* 88: 2713-2719.
- Javier, C. et al., 2007. Soil health through soil disease suppression: Which strategy from descriptors to indicators? *Soil Biology & Biochemistry* 39, 1–23.
- Jilesen, C., Arendse, W., Van Beek, J., Boesveld, H., Wubben, J., 2017. Rapport Monitoring Ziekten, Plagen en Onkruiden 2009-2016. <https://www.nvwa.nl/documenten/plant/gewasbescherming/gewasbescherming/publicaties/rapportage-monitoring-ziekten-plagen-en-onkruiden-voor-de-periode-2009-2016>
- Jukema, G.D., Verhoog, A.D., Dolman, M.A., 2020. Factsheet bloembollenteelt. <https://edepot.wur.nl/525615>
- Juszczak, R., Kuchar, L., Leśny, J., Olejnik, J., 2013. Climate change impact on development rates of the codling moth (*Cydia pomonella* L.) in the Wielkopolska region, Poland. *Int J Biometeorol* 57:31–44.
- KAVB, 2020. Uitvoeringsagenda 2021-2024 "Gezonde sector, bloeiende toekomst."
- Keijzer, P., van Bueren, E.T.L., Engelen, C.J.M. et al., 2021. Breeding Late Blight Resistant Potatoes for Organic Farming—a Collaborative Model of Participatory Plant Breeding: the Bioimpuls Project. *Potato Res.* <https://doi.org/10.1007/s11540-021-09519-8>

- Kelderer, M., Casera, C., Tamm, L., Schmitt, A., Parveaud, C.E., 2015. Open-field trials for the control of apple scab conducted within the FP 7 Project CO-FREE in Italy and France.
- Kempenaar, C., Mollema, R., Been, Th., et al., 2021. Haalbaarheidsstudie PL4.0 data-ruimte: knelpuntenanalyse datagebruik op boerenbedrijf en aanbevelingen om de impasse te doorbreken. Rapport 10.18174/532701, Wageningen Plant Research. <https://www.wur.nl/nl/Publicatie-details.htm?publicationId=publication-way-353733313531>
- Kessel, G.J.T., Mullins, E., Evenhuis, A., Stellingwerf, J., Cortes, V.O., Phelan, S., Van den Bosch T., Förch, M.G., Goedhart, P., van der Voet, H., Lotz, L.A.P., 2018. Development and validation of IPM strategies for the cultivation of cisgenically modified late blight resistant potato. *European Journal of Agronomy* 96: 146 – 155.
- Kessel, G., 2019. Instructie gebruik Phytophthora-App in Akkerweb. Wageningen University & Research <https://edepot.wur.nl/474328>
- Khajuria, Y.P., Kaul, S., Wani, A.A., Dhar, M.K., 2018. Genetics of resistance in apple against *Venturia inaequalis* (Wint.) Cke. *Tree Genet Genomes* 14:16.
- Klein Tank, A., Beersma, J., Bessembinder, J., Van den Hurk, B., Lenderink, G., 2014. KNMI '14 klimaatscenario's voor Nederland. De Bilt.
- Klimaateffectatlas, 2022 <https://www.klimaateffectatlas.nl/nl/>
- KNMI, 2021 <https://www.knmi.nl/over-het-knmi/nieuws/kans-op-zware-regenval-zoals-op-13-en-14-juli-neemt-verder-toe-door-klimaatverandering>
- KNMI, 2021. Klimaatsignaal 2021. https://cdn.knmi.nl/knmi/asc/klimaatsignaal21/KNMI_Klimaatsignaal21.pdf
- KNMI, 2022. <https://www.knmi.nl/over-het-knmi/nieuws/klimaatstreepjescodes-voor-temperatuur-neerslagen-zonneschijn>
- Koch, H., Weisser, P., 2000. Sensor equipped orchard spraying – efficacy, savings and drift reduction. *Pesticide application. Aspects of Applied Biology* 57: 357-362.
- Köhl, J., Scheer, C., Holb, I.J., Masny, S., Molhoek, W.M.L., 2015. Toward an integrated use of biological control by *Cladosporium cladosporioides* H39 in apple scab (*Venturia inaequalis*) management. *Plant Dis.* 99:535-543.
- Kranendonk, R., Verstand, D., Boer, T., 2022. Inventarisatie Actieprogramma klimaatadaptatie landbouw: Risico's, knelpunten en kansen: de stand van zaken. Wageningen Environmental Research, Rapport 3175. <https://edepot.wur.nl/571600>
- Kreij, C., Voogt, W., van den Bos, A.L., Baas, R., 1999. Bemestingsadviesbasis substraten. Proefstation voor Bloemisterij en Glasgroente, Naaldwijk, ISSN 1387-2427.
- Kreuk, 2021. Stichting Rol: Bolontsmetting Lelie. Gewasverslagen Lelie 2021 Stichting ROL.
- Kruidhof et al., 2020. Green Challenges: Systeemaanpak biologische plaagbestrijding met gebruik van functionele biodiversiteit). Rapport WPR-941.
- Lammerts van Bueren, E.T., Backes, G., de Vriend, H., Østergård, H., 2010. The role of molecular markers and marker assisted selection in breeding for organic agriculture. *Euphytica* (2010) 175:51–64
- Lang, G.A., Whiting, M.D., 2019. Canopy architecture-optimizing the interface between fruit physiology, precision crop management, and mechanical/robotic efficiencies. In *International Symposium on Precision Management of Orchards and Vineyards* 1314: 287-296.
- Langen, E., Dam, M. van, 2021. Hyacintenbol in sleuf staat er goed op. *Greenity*, 92: 30–31. Retrieved from <https://online.flippingbook.com/view/385805193/30/>
- Langen, E., Mans, W., 2021. Mijn gevoeld is dat het zonder pyrethroïden kan. *Greenity*, 98: 10–13. Retrieved from <https://online.flippingbook.com/view/635897539/10/>
- Larkin, R., 2015. Soil Health Paradigms and Implications for Disease Management *Annu. Rev. Phytopathol.* 53:10.1–10.23
- Leeuwen-Haagsma, W.K. van, Hoek, H., Molendijk, L.P.G., Mommer, L., Ulen, J., Kroonen-Backbier, B.M.A., Groot, G.A. de., 2019b. Handboek Groenbemesters. H3 Keuze groenbemesters. In *Handboek Groenbemesters* (pp. 22–31). Retrieved from <https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/495935>
- Lenteren, J.C. van, 2000. A greenhouse without pesticides: fact or fantasy? *Crop Protection* 19:375-384.
- Lenteren, J.C. van, Bolckmans, K., Kohl, J., Ravensberg, W.J., Urbaneja, A., 2018. Biological control using invertebrates and microorganisms: plenty of new opportunities. *BioControl* 63:39-59.
- Lindhout P, de Vries, M., ter Maat, M., Su, Y., Viquez-Zamora, M., van Heusden, S., 2018. Hybrid potato breeding for improved varieties. In: Wang-Pruski G (ed) *Achieving Sustainable Cultivation of Potatoes Vol*

-
1. Burleigh & Dodds Science Publishing, Cambridge, pp 99–123.
<https://doi.org/10.19103/AS.2016.0016.04>
- Little, C.M., Chapman, T.W., Hillier, N.K., 2020. Plasticity is key to success of *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) invasion. *Journal of Insect Science* 20: 1–8. <https://doi.org/10.1093/jisesa/ieaa034>
- Looman, B., 2021a. Bollencoaster. Retrieved February 4, 2022, from <https://www.wur.nl/nl/onderzoek-resultaten/onderzoeksprojecten-lnv/expertisegebieden/kennisonline/bollencoaster.htm>
- Looman, B., 2021b. Bollenrevolutie 4.0. Retrieved February 4, 2022, from <https://www.wur.nl/nl/Onderzoek-Resultaten/Onderzoeksprojecten-LNV/Expertisegebieden/kennisonline/Bollenrevolutie-4.0.htm>
- Looman, B., 2021c. Bollenrevolutie 4.0 lanceert animatie over slim datagebruik. Retrieved February 4, 2022, from <https://www.wur.nl/nl/nieuws/Bollenrevolutie-4.0-lanceert-animatie-over-slim-datagebruik.htm>
- Looman, B., 2021d. Fundamentele systeemsprong bloembollen. Retrieved February 4, 2022, from <https://www.wur.nl/nl/Onderzoek-Resultaten/Onderzoeksinstututen/plant-research/glastuinbouw/show-glas/Fundamentele-systeemsprong-bloembollen.htm>
- Looman, B., 2021e. POP3 Vitale teelt hyacint. Retrieved February 4, 2022, from <https://www.wur.nl/nl/Onderzoek-Resultaten/Onderzoeksprojecten-LNV/Expertisegebieden/kennisonline/POP3-Vitale-teelt-hyacint.htm>
- Lotz, L.A.P., Van de Wiel, C.C.M., Smulders, M.J.M., 2020. Genetic Engineering at the heart of agroecology. *Outlook on Agriculture* 49: 21-28. <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0030727020907619>
- LTO, 2022. De teler centraal bij het ontwikkelen van weerbaar telen in praktijkprogramma. Retrieved February 22, 2022, from <https://www.lto.nl/de-teler-centraal-bij-het-ontwikkelen-van-weerbaar-telen-in-praktijkprogramma/>
- MacRae, R.J., Hill, S.B., Mehuys G.R., Henning J. (1990). Farm-scale agronomic and economic conversion from conventional to sustainable agriculture. *Adv. Agron* 43:155-198, 10.1016/S0065-2113(08)60478-2
- Mahlein, A.-K., 2016 Plant Disease Detection by Imaging Sensors – Parallels and Specific Demands for Precision Agriculture and Plant Phenotyping. *Plant Disease* 100: 241 – 251.
<https://doi.org/10.1094/PDIS-03-15-0340-FE>
- Malvestiti, M.C., Immink, R.G.H., Arens, P., Quiroz Monnens, T., & van Kan, J.A.L., 2021. Fire Blight Susceptibility in *Lilium* spp. Correlates to Sensitivity to *Botrytis elliptica* Secreted Cell Death Inducing Compounds. *Frontiers in Plant Science*, 12: 1270. <https://doi.org/10.3389/FPLS.2021.660337/BIBTEX>
- Marolleau, B., Gaucher, M., Heintz, C., Degrave, A., Warneys, R., Orain, G., Lemarquand, A., Brisset, M.-N., 2017. When a Plant Resistance Inducer Leaves the Lab for the Field: Integrating ASM into Routine Apple Protection Practices. *Front. Plant Sci.* 8:1938. doi: 10.3389/fpls.2017.01938.
- Mascellani, A., Leiss, K.A., Bac-Molenaar, J., Malanik, M., Marsik, P., Hernandez-Olesinski, E., Tauchen, J., Kloucek, P., Smejkal, K., Havilik, J., 2022. Polyketide derivatives in the resistance of *Gerbera hybrida* to powdery mildew.
- Mazzola, M., Freilich, S., 2016. Prospects for Biological Soilborne Disease Control: Application of Indigenous Versus Synthetic Microbiomes. *Phytopathology* 107. 10.1094/PHYTO-09-16-0330-RVW.
- Meron, M., van de Zande, J.C., van Zuydam, R.P., Heijne, B., Shragai, M., Liberman, J., Hetzroni, A., Andersen, J.G., Shimborsky, E., 2003. Tree shape and foliage volume guided precision orchard sprayer - the PreciSpray FP5 project. In: Stafford J & Werner A (eds). *Precision agriculture*. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, 2003. 411-416.
- Messelink, G.J., 2014. Persistent and emerging pests in greenhouse crops: Is there a need for new natural enemies? *IOBC/WPRS Bulletin* 102:143-150.
- Messelink, G.J., 2021. Team building in biocontrol: An ecosystem approach in biological pest control in greenhouse cropping systems. Page 24 p. Wageningen University & Research, Wageningen.
- Messelink, G.J., Kruidhof, H.M., 2019. Advances in pest and disease management in greenhouse cultivation. Pages 311-356 in L. Marcelis and E. Heuvelink, editors. *Achieving sustainable greenhouse cultivation*. Burleigh Dodds Science Publishing Limited, Cambridge.
- Messelink, G.J., Bennison, J., Alomar, O., Ingegno, B.L., Tavella, L., Shipp, L., Palevsky, E., Wäckers, F.L., 2014. Approaches to conserving natural enemy populations in greenhouse crops: current methods and future prospects. *BioControl* 59:377-393.
- Messelink, G.J., Lambion, J., Janssen, A., van Rijn, P.C.J., 2021. Biodiversity in and around greenhouses: benefits and potential risks for pest management. *Insects* 12:16.
- Michielsen, J.M.G.P., Nieuwenhuizen, A.T., van de Zande, J.C., Wenneker, M., Stallinga, H., van Velde, P., 2014. Canopy density spraying in orchards in the Netherlands. *International Advances in Pesticide Application, Aspects of Applied Biology* 122, 2014. p. 9-16.

-
- Minkenbergh, P.J.M., Ottenheim, J.G.W., 1990. Effect of Leaf Nitrogen Content of Tomato Plants on Preference and Performance of a Leafmining Fly., *Oecologia* 83, No. 3 , pp. 291-298
- Montagne, V., Capioux, H., Cannavo, P., Charpentier, S., Renaud, S., Liatard, E., Grosbellet, C., Lebeau, T. 2016. Protective effect of organic substrates against soil-borne pathogens in soilless cucumber crops. *Sci. Hort.*, 206: 62-70.
- Montagne, V., Capioux, H., Barret, M. et al., 2017. Bacterial and fungal communities vary with the type of organic substrate: implications for biocontrol of soilless crops. *Environ Chem Lett* 15: 537-545 <https://doi.org/10.1007/s10311-017-0628-0>
- Moragrega, C., Puig, M., Ruz, L., Montesinos, E., Llorente, I., 2018. Epidemiological features and trends of brown spot of pear disease based on the diversity of pathogen populations and climate change effects. *Phytopathology* 108: 223-233. <https://doi.org/10.1094/PHTO-03-17-0079-R>
- Moreno-Pachon, N. M., Leeggangers, H. A. C. F., Nijveen, H., Severing, E., Hilhorst, H., Immink, R. G.H., 2016. Elucidating and mining the Tulipa and Lilium transcriptomes. *Plant Molecular Biology*, 92: 249-261. <https://doi.org/10.1007/S11103-016-0508-1/>
- Mouden, S., de Graaf, E., Kruidhof, M., Strijbis, P., Sanders, J., Voogt, W., Leiss, K., 2022b. Kennisinventarisatie nutriënten & gewasgezondheid: literatuurstudie, enquête & kennisinteractie. Wageningen UR-rapport.
- Mouden, S., 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. *Frontiers in Plant Science* Article 695908.
- 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. *Frontiers in Plant Science*, 12, 1321. <https://doi.org/10.3389/FPLS.2021.695908/BIBTEX>
- NAS, 2016. Nationale Adaptatie Strategie. Retrieved from <https://ruimtelijkeadaptatie.nl/overheden/nas/>
- Nieuwenhuizen, A.T., van de Zande, J.C., 2012. Development of sensor guided precision sprayers. *Advances in Pesticide Application. Aspects of Applied Biology* 114: 121-128
- NVWA, 2022. Japan Bloembollen exporteisen. Retrieved February 24, 2022, from <https://www.nvwa.nl/documenten/export/fytsanitair/landeneisen/bloembollen/japan-bloembollen-exporteisen>
- Onwezen, M., Taufik, D., Galama, J., Rood, R., van Wonderen, D., Bouwman, E., 2021. Stijgende lijn in de waardering van de Agri & Foodsector zet door, *AgriFood monitor 2021*, Wageningen University & Research. <https://library.wur.nl/WebQuery/edepot/555098>
- Os, G. van, Lamers, J. (2016). Anaerobe GrondOntsmetting (AGO) voor open teelten. Retrieved February 24, 2022, from <https://edepot.wur.nl/378267>
- Osinga, D., 2021. Stichting ROL: Weerbare lelies leveren middelenbesparing op. *Nieuwe Oogst*. Retrieved from <https://www.nieuweoogst.nl/nieuws/2021/09/15/stichting-rol-weerbare-lijes-leveren-middelenbesparing-op>
- Overbeek, L. van, Leiss, K., Bac-Molenaar, J., Duhamel, M., Mouden, S., 2022. Literature overview plant resilience. Wageningen UR-Rapport.
- Paolini van Helfteren, S., Abma, B., Brugelmann, R., van der Wal, T., 2022. Roadmap for geospatial data and technologies in precision agriculture: A study into trends and developments to provide a research direction for geospatial data and technologies in precision agriculture. Rapport Wageningen University & Research in press.
- Papp, D., Gao, L., Thapa, R. et al., 2020. Field apple scab susceptibility of a diverse Malus germplasm collection identifies potential sources of resistance for apple breeding. *CABI Agric Biosci* 1, 16. <https://doi.org/10.1186/s43170-020-00017-4>.
- Parisi, L., Gros, C., Combe, F., Parveaud, C-E., Gomez, C., Brun, L., 2013. Impact of a cultivar mixture on scab, powdery mildew and rosy aphid in an organic apple orchard. *Crop Protection* 43: 207-212.
- Pascual, J.A., Ceglie, F., Tuzel, Y. et al., 2018. Organic substrate for transplant production in organic nurseries. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 38, 35. <https://doi-org.ezproxy.library.wur.nl/10.1007/s13593-018-0508-4>
- Passey, T.A.J., Shaw, M.W., Xu, X.-M., 2016. Differentiation in populations of the apple scab fungus *Venturia inaequalis* on cultivars in a mixed orchard remain over time. *Plant Pathology* (2016) 65, 1133-1141.
- Patocchi, A., Wehrli, A., Dubuis, P.H., et al., 2020. Ten Years of VINQUEST: First Insight for Breeding New Apple Cultivars With Durable Apple Scab Resistance. *Plant Disease* 104:8, 2074-2081.

- Percival, G.C., Noviss, K., Haynes, I., 2009. Field evaluation of systemic inducing resistance chemicals at different growth stages for the control of apple (*Venturia inaequalis*) and pear (*Venturia pirina*) scab. *Crop Prot.* 28:629-633.
- Pijnakker, J., Vangansbeke, D., Duarte, M., Moerkens, R., Wäckers, F.L., 2020. Predators and parasitoids-in-first: from inundative releases to preventative biological control in greenhouse crops. *Frontiers in Sustainable Food Systems* 4:38.
- Pilkington, L. J., Messelink, G., van Lenteren, J.C., Le Mottee, K., 2010. "Protected Biological Control" - Biological pest management in the greenhouse industry. *Biological Control* 52: 216-220.
- Postma, J. et al., 2020. Sturen op bodemweerbaarheid door toediening van organisch materialen. Projectrapport, WPR 1024
- Postma, J., Schilder, M., 2015. Enhancement of soil suppressiveness against *Rhizoctonia solani* in sugar beet by organic amendments. *Applied Soil Ecology* 94: 72-79
- Postma, J. et al., 2013. Stimulering van ziektevering in de bodem door toevoegen van reststromen. Projectrapport WPR 529
- Riemens et al., 2022, An Integrated Weed Management framework: A pan-European perspective. *European Journal of Agronomy* 133: 126443, <https://doi.org/10.1016/j.eja.2021.126443>
- Rijksoverheid, 2022. Welke gewasbeschermingsmiddelen zijn verboden omdat ze bijensterfte veroorzaken? Geraadpleegd op 8 juni 2022 van: <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/bestrijdingsmiddelen/vraag-en-antwoord/welke-gewasbeschermingsmiddelen-zijn-verboden-omdat-ze-bijensterfte-veroorzaken>
- Rozen, et al., 2021. Beheersing van bodemplaaginsecten via bodemgezondheidsmaatregelen: Een overzicht van de beschikbare kennis voor een selectie van akkerbouwgewassen met hun bijbehorende bodemplagen. WPR 1061
- Schaart, J.G., Van de Wiel, C.M., Lotz, L.A.P., Smulders, M.J.M., 2016. Opportunities for Products of New Plant Breeding Techniques. *Trends in Plant Science* 21:438-449
- Schans, D. van der, 2019. Behandel Tagetes als volwaardige teelt. Retrieved February 4, 2022, from <https://www.agrifirm.nl/nieuws/behandel-tagetes-als-volwaardige-teelt/>
- Sijbrandij, F.D., Nieuwenhuizen, A.T., van de Zande, J.G., 2012. Dose algorithms for a sensor guided orchard sprayer. *Advances in Pesticide Application. Aspects of Applied Biology* 114. p. 461-464.
- Sikora, A., Desaegeer, J., Molendijk, L., 2022. Integrated nematode management; state of the art and visions for the future. Book, CABI.
- Slootweg, C., 2021. Vitale Lelieteeelt. Retrieved February 4, 2022, from <https://www.wur.nl/nl/project/Vitale-Lelieteeelt.htm>
- Snyder, W.E., 2019. Give predators a complement: Conserving natural enemy biodiversity to improve biocontrol. *Biological Control* 135:73-82.
- Spoorenberg, P., Verstand, D., Beerling, E., 2019. Tussenevaluatie van de nota Gezonde Groei, Duurzame Oogst – Deelrapport Knelpuntenanalyse en ontwikkeling, rapport 787. Wageningen: WPR. <https://doi.org/10.18174/478387>
- Straathof, T.P., Mes, J.J., Eikelboom, W., Van Tuyl, J.M., 2002. A greenhouse screening assay for *Botrytis tulipae* resistance in tulips. *Acta Horticulturae*, 570: 415-421. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2002.570.59>
- Streminska, M., Breeuwsma, S., Huisman, H. M., Vos, R. de, Eekelen, H. van, Stevens, L., Salm, C. van der, Breeuwsma, S., Huisman, H. M., Vos, R. de, Eekelen, H. van, Stevens, L., & Salm, C. van der, 2020. Green challenges : plant en bodemweerbaarheid tegen ondergrondse ziekten (Ser. Rapport / stichting wageningen research, wageningen plant research, business unit glastuinbouw, wpr-943). Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Business unit Glastuinbouw. Retrieved April 5, 2022, from <https://doi.org/10.18174/522048>.
- Tang, N., van der Lee, T., Shahin, A., Holdinga, M., Bijman, P., Caser, M., ... Arens, P., 2015. Genetic mapping of resistance to *Fusarium oxysporum* f. sp. *tulipae* in tulip. *Molecular Breeding*, 35: 1-17. <https://doi.org/10.1007/s11032-015-0316-3>
- Ter Harmsel, R., Nederpel, C., Ruigrok, P., de Groot, A., Allema, B., Hiemstra, J., Huiting, H., Messelink, G., Slootweg, C., Roessink, I., Wipfler, L., 2022. Inventarisatie van maatregelen voor een betere verbinding van land- en tuinbouw met natuur. (Rapport / Wageningen Environmental Research; No. 3183). Wageningen Environmental Research. <https://doi.org/10.18174/572340>
- Termorshuizen, A., 2020. Biostimulanten, een overzicht. <https://bodemplant.nl/2020/01/06/lezing-biostimulanten-2/>

- Termorshuizen, A.J., Molendijk, L.P.G., Postma, J., 2020. Beheersing van bodempathogenen via bodemgezondheidsmaatregelen. Retrieved from <https://edepot.wur.nl/513197>
- Termorshuizen, A., Mager, A., Postma, R., 2021. Effecten-van-bemesting-op-de-weerbaarheid-tegen-ziekten-en-plagen-in-de-akkerbouw. Rapport desk studie <https://bodemplant.nl/2021/10/18/effecten-van-bemesting-op-ziekten-en-plagen/>
- Termorshuizen, A., Postma, R., 2021. Effecten-van-toevoer-van-organische-stof-op-bodemgezondheid-en-bodemvruchtbaarheid.Rapport, desk studie.https://edepot.wur.nl/542271?_ga=2.36027808.18584064.1649788841-960965187.1642058669
- Termorshuizen, A.J., Molendijk, L.P.G., Postma, J., 2020. Beheersing van bodempathogenen via bodemgezondheidsmaatregelen; een overzicht van de beschikbare kennis voor een selectie van akkerbouwgewassen met hun bijbehorende bodemziekten. Wageningen Research, Rapport WPR-955. <https://doi.org/10.18174/513197>.
- Timmermans, B.G.H., Jansonius, P.J., Bruinenberg, R., 2010. Effects of beetroot Vinasse on ascospore formation of *Venturia pirina* in a one-year field trial on an organic Conference orchard. In Proceedings of the Ecofruit Conference, Short contributions, pp. 322-325.
- Toth, I.K., van der Wolf, J.M., Saddler, G., Lojkowska, E., Hélias, V., Pirhonen, M., ... Elphinstone, J.G., 2011. *Dickeya* species: an emerging problem for potato production in Europe. *Plant Pathology*, 60: 385–399. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2011.02427.x>
- Trapman, M., Timmermans, B., Koeckhoven, J., Pillion, V., 2013. Onderzoek naar de periode waarin de vruchten van de perenvariëteit Conference gevoelig zijn voor infecties door perenschurft (*Venturia pyrina*). Rapport BFA-1301.
- van Dam, M.F.N., Helsen, H.H.M., Verschoor, J.A., 2020. Een effectieve, milieuvriendelijke oplossing voor bestrijding van tulpengalmijt. Wageningen University & Research. <https://edepot.wur.nl/531541>
- Van de Vijver, R. et al., 2020. In-field detection of *Alternaria solani* in potato crops using hyperspectral imaging. *Computers and Electronics in Agriculture* 168: 105106. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2019.105106>
- Van de Wiel, C.C.M., Schaart, J.G., Lotz, L.A.P., Smulders, M.J.M., 2017. New traits in crops produced by genome editing techniques based on deletions. *Plant Biotechnology Reports* 11: 1-8
- Vandenbossche, B.A.B. et al., 2016. Effect of Temperature on the Hatch of Two German Populations of the Beet Cyst nematodes, *Heterodera schachtii* and *Heterodera betae*. *Diseases and Protection*, 122: 250–254. <https://doi.org/10.1007/BF03356560>
- Van Den Ende, J.E., 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>
- Van Os, G., Wijnker, J., Van Gulik, W. 1999. Effects of soil fumigation and flooding on suppression of *Pythium* root rot in ornamental bulb culture. *European Journal of Plant Pathology* 105(8), p791-800.
- van Schie, C.C.N., Takken, F.L.W., 2014. Susceptibility Genes 101: How to Be a Good Host. *Annual Review of Phytopathology* 52: 551-581
- Vandenbossche, B.A.B., Niere, B., Vidal, S., 2015. Effect of temperature on the hatch of two German populations of the beet cyst nematodes, *heterodera schachtii* and *heterodera betae*. *Journal of Plant Pathology* 96(1): 1-8
- Vargas, P., Bosmans, L., Van Calenberge, B., Van Kerckhove, S., Lievens, B., Rediers, H., 2021. Bacterial community dynamics of tomato hydroponic greenhouses infested with hairy root disease. *FEMS Microbiol Ecol.* 97(12):fiab153. doi: 10.1093/femsec/fiab153.
- Veerman, A., 2003. Teelt van consumptieaardappelen. Lelystad: Praktijkonderzoek Plant & Omgeving.
- Verstand et al., 2019 GGDO rapport Economische positie 2019 <https://edepot.wur.nl/478388>
- Verstand, D., Bijker, J.W., van der Burgt, E., van den Brink, L., Timmer, R., Groten, J., 2021. De klimaatbestendigheid van rassen en gewassen in de open teelten. Wageningen Research, Rapport WPR 909. In review.
- Verstand, D., Bijker, W., Simonse, D., 2021. Klimaatrisico's en kansen in de open teelten. Wageningen Research, Rapport WPR-902. <https://edepot.wur.nl/555534>
- Verify, 2021. Stichting ROL: Ketenaanpak bolbehandeling lelie. Retrieved February 24, 2022, from <https://www.verify.nl/ketenaanpak-bolbehandeling-lelie/>
- Vitale Teelt 2030. (2018). Vitale Teelt 2030 : Visie van de bloembollensector. Retrieved from <https://edepot.wur.nl/458839>
- Vullings, L.A.E, de Jonge, E., vander Wal, T, et al., 2021. Evaluatie Nationale Proeftuin Precisielandbouw: Evaluatie van de impact van NPPL op de implementatie van precisielandbouw. Rapport 3135, Wageningen

Environmental Research. <https://www.wur.nl/nl/Publicatie-details.htm?publicationId=publication-way-353931323832>

- Wageningen University & Research Business Unit Open Teelten. (2021). Functionele akkerranden voor plaagbeheersing : functionele agrobiodiversiteit. Retrieved from <https://edepot.wur.nl/563182>
- Wenneker M, Heijne B & Zande JC van de, 2003. Drift reduction in orchard spraying with a sensor-equipped cross-flow sprayer. In: Balsari P, Durochowski G & Cross JV (eds), Proceedings of the VII Workshop on spray application techniques in fruit growing, June 25-27, Cuneo Italy . University of Turin, DEIAFA, Turin. 2003. 247-256
- Wenneker, M., Thomma, B.P.H.J., 2020. Latent postharvest pathogens of pome fruit and their management: from single measures to a systems intervention approach. *European Journal of Plant Pathology* 156: 663-681. <https://doi.org/10.1007/s10658-020-01935-9>
- Werkgroep Handboek snijmaïs, 2019. Handboek snijmaïs. Wageningen: Wageningen Livestock Research, Wageningen UR Open Teelten.
- Wesselink, M., Haan, J. de., 2018. Bodemkwaliteit op zand. Retrieved from <https://edepot.wur.nl/513454>
- Wijk, K. van, 2021a. Precisieteelt Van pionier naar regio. *Greenity*, 99: 40-41. Retrieved from <https://online.flippingbook.com/view/524973621/40/>
- Wijk, K. van., 2021b. Schoonwaterproject zegen voor Drentse bollentelers. *Greenity*, 87, 10-11. Retrieved from <https://online.flippingbook.com/view/152522777/10/>
- Xu, X., Harvey, N., Roberts, A., Dez Barbara, D., 2013. Population variation of apple scab (*Venturia inaequalis*) within mixed orchards in the UK. *Eur J Plant Pathol* 135:97-104.

Bijlage 1: Kerninformanten t.b.v. hoofdstuk 2

In onderstaande tabel staan de kerninformanten weergegeven welke zijn geïnterviewd voor de update van de Monitoring Ziekten, Plagen en Onkruiden uit hoofdstuk 3.

Sector	Kerninformant	Functie - Organisatie
Akkerbouw & Vollegrondsgroente	Bert Evenhuis	Fytopatholoog Open Teelten - Wageningen University & Research
	Bram Hanse	Fytopatholoog - IRS
	Elma Raaijmakers	Entomoloog - IRS
	Geert Hermans	Secretaris - Stichting Teelt Overleg Groenten
	Hans de Keijzer	CEMP - BO Akkerbouw
	Hilfred Huiting	Entomoloog Open Teelten - Wageningen University & Research
	Johnny Remijn	Regio-adviseur akkerbouw Zuidwest Nederland - Delphy
	Peter van 't Westeinde	CEMP - LTO
	Thea van Beers	Onderzoeker Plant - Agrifirm
Glasgroente en bloemisterij	Guido Halbersma	Technisch specialist gewasbescherming & Productmanager beneficials - Van Iperen
	Helma Verberkt <i>Interne afstemming binnen Glastuinbouw Nederland met Jeannette Vriend (CEMP) en Jorrit Koeman (Themaspecialist plantgezondheid)</i>	Programmamanager Gewasgezondheid - Glastuinbouw Nederland (ten tijde van interview) Huidige baan: Directeur - Artemis
	Kirsten Leiss	Senior onderzoeker Gewasgezondheid - Wageningen University & Research (Glastuinbouw)
	Marjolein Kruidhof	Onderzoeker Entomologie Glastuinbouw - Wageningen University & Research
Fruitteelt	Aryan van Toorn	Product Manager Fruit - Centrale Adviesdienst Fruitteelt
	Henny Balkhoven	Consultant - FruitConsult
	Herman Helsen	Onderzoeker Entomologie Fruit - Wageningen University & Research
	Jaco van Bruchem	CEMP - Nederlandse Fruittelers Organisatie (NFO)
	Jelle Gerstel	Directeur - Vlamings bv
	Marcel Wenneker	Onderzoeker Fytopathologie Fruit - Wageningen University & Research
Bloembollen	André Conijn	Toeleverancier/Adviseur - alb. Groot
	Gerard Top	CEMP - Koninklijke Algemene Vereniging voor Bloembollencultuur (KAVB)
	Weijnand Saathof	Onderzoeker - HLB BV
Boomkwekerij en Vaste planten	Arno Engels	LTO - Vakgroep Bomen en Vaste Planten
	Peter van 't Westeinde	CEMP - ZLTO
	Simon van Houwelingen	Projectmedewerker - Compas Agro
Paddenstoelen	Wilco Dorresteijn	Gewasbescherming Boomteelt en Vaste plantenteelt
	Harry Heslen	Commercieel technisch accountmanager - Sylvan
	Peter van 't Westeinde	CEMP - ZLTO
Algemeen	Rob Wilbers	Sales Manager Paddenstoelen - Mertens Groep
	Peter Knippels	Themaspecialist Gezonde planten - LTO

Bijlage 2: Vragenlijst monitoring ziekten, plagen en onkruiden

De volgende vragen zijn gesteld aan vertegenwoordigers uit diverse sectoren om hierdoor een update te maken ten opzichte van de eerdere Monitoring ZPO t.a.v. de verontrustende ontwikkelingen in ziekten, plagen en onkruiden. De rapportage van die monitoring door de NVWA ging over de periode 2009-2016.

Inventarisatie Ziekte, Plaaag en Onkruid (ZPO)

1. Welke ziekte, plaag of onkruid is op dit moment verontrustend binnen de sector?
 - a. Wat is de verklaring voor de toename van deze ZPO?
 - b. Welke zijn niet adequaat te bestrijden met het huidige middelen- en maatregelenpakket?
 - c. Voor welke ziekte, plaag of onkruid is bestrijding slechts mogelijk met grote inzet van gewasbeschermingsmiddelen?
 - d. Als je deze trends ziet, wat is hiervan de implicatie voor de sector?

Inventarisatie IPM-maatregelen Ziekte, Plaaag en Onkruid (ZPO)

2. Welke IPM-maatregelen zijn er ter beheersing van deze verontrustende ziekte, plaag en onkruid? (Denk hierbij aan teeltmaatregelen, gebruik van robuuste rassen, natuurlijke gewasbescherming etc.)
3. Welke IPM-maatregelen worden ingezet ter beheersing van deze verontrustende ziekte, plaag en onkruid?
 - a. Hoeveel procent van de telers past deze maatregelen toe?
4. Naast reeds toegepaste IPM-maatregelen: welke IPM-maatregelen bieden mogelijkheden ter beheersing van verontrustende ontwikkelingen?

Inventarisatie Gewasbeschermingsmiddelen Ziekte, Plaaag en Onkruid (ZPO)

5. Zijn er op dit moment voldoende middelen beschikbaar om ziektes, plagen en onkruid te bestrijden?
 - a. Voor welke ZPO is dat niet het geval?
6. Van welke middelen is de afhankelijkheid op dit moment erg groot?

Verandering verontrustende Ziekte, Plaaag en Onkruid (ZPO) ten opzichte van de vorige monitoring (2009-2016)

7. [Zie lijst van ziekten, plagen en onkruiden voor de betreffende sectoren in de MZPO van 2016]
 - a. Zijn deze ZPO nog steeds verontrustend?
 - b. Voor de ZPO die niet langer verontrustend zijn, wat is er veranderd?
 - c. Voor de ZPO die niet langer verontrustend zijn, wat valt hieruit te leren?

Implicaties van verontrustende Ziekte, Plaaag en Onkruid (ZPO) voor agrarische ondernemers

8. Wat zijn de implicaties voor de ondernemer van deze ZPO?
 - a. Wat betekenen deze ZPO voor de benodigde arbeid?
 - b. Wat betekenen deze ZPO voor het bedrijfsresultaat?
 - c. Wat brengen deze ZPO voor risico met zich mee?
 - d. Wat is het gevolg van de aanpak van deze ZPO voor andere bedrijfsdoelen? Zijn er trade-offs?
 - e. Wat betekenen deze ZPO voor de internationale handel?

Bijlage 3: Verontrustende ziekten, plagen en onkruiden per sector

Deze bijlage geeft een overzicht van de huidige stand van zaken op het gebied van ziekten, plagen en onkruiden in de verschillende sectoren, zoals weergegeven door kerninformanten uit die sectoren. Per sector staan de verontrustende ontwikkelingen en de potentieel verontrustende ontwikkelingen in een tabel weergegeven. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen sector-brede ontwikkelingen en gewas-specifieke ontwikkelingen. De tabellen zijn een update van de tabellen zoals weergegeven door de NVWA in 2016, en vetgedrukte ZPO's zijn nieuw geconstateerd in 2022.

Voor ieder van de sectoren wordt ingegaan op ziekten, plagen, en onkruiden die nog steeds of voor het eerst verontrustend zijn. Tabel B4.1 geeft in één overzicht voor alle sectoren aan welke ziekten, plagen, en onkruiden minder verontrustend geworden zijn.

Tabel B4.1. Ziekten en plagen die in 2022 minder verontrustend zijn dan in 2016

Gewas	Aantaster
<u>In akkerbouw en vollegrondsgroenten:</u>	
Prei	Preimineervlieg
Sla	Valse meeldauw
<u>In glastuinbouw:</u>	
Diverse gewasgroepen	Botrytis en spintmijt
<u>Fruitteelt:</u>	
Rode bes	Echte meeldauw
<u>Paddenstoelen:</u>	Stinkende schuimplekken

B4.1 Akkerbouw en vollegrondsgroente

B4.1.2 Verontrustende ontwikkelingen

In 2022 werden er vanuit de sector in totaal 37 ontwikkelingen aangestipt als verontrustend voor de akkerbouw en vollegrondsgroente. Vijfentwintig van deze ontwikkelingen zijn al sinds 2016 verontrustend (Jilesen et al., 2017). Vanuit de sector wordt het volgende als belangrijke oorzaken voor deze ontwikkelingen aangewezen: het niet langer beschikbaar zijn van verschillende gewasbeschermingsmiddelen in zaadcoatings, de intensivering van teelten, en het algemeen ervaren van een verminderde beschikbaarheid van het aantal middelen (inclusief het toegestane aantal toepassingen per teelt). Voor een overzicht van de verontrustende ontwikkelingen in 2022 verwijzen we naar Tabel B4.2. In Tabel B4.3 staan de *potentieel* verontrustende ontwikkelingen in 2022 genoemd. De tabellen zijn een update van de tabellen zoals weergegeven door de NVWA in 2016, en vetgedrukte ZPO's zijn nieuw geconstateerd in 2022.

Tabel B4.2 Verontrustende ontwikkelingen in akkerbouw & vollegrondsgroente in 2022

Gewas	Aantaster
Akkerbouw en vollegrondsgroente	Diverse aaltjes: <i>Meloidogyne chitwoodi</i> , <i>M. fallax</i> , <i>M. naasi</i> en <i>Ditylenchus dipsaci</i> Diverse insecten: ritnaalden, emelten, springstaarten en wortelduizendpoten, waarvan bovengronds: bonenvlieg, luis, trips en uienvlieg Fungicide resistentie Knolcyperus Onkruiden Slakken Vogels
Aardappel	Alternaria* Bonenspintmijt Wratziekte Globodera pallida
Aardbei	Spintmijt (<i>Tetranychus urticae</i>) Suzuki-fruitvlieg (<i>Drosophila suzukii</i>) Xanthomonas
Aardbei vermeerdering	<i>Pestalotiopsis spp.</i>
Aardbei, bonen, kool, radijs, snijbiet	Bacterieziekten
Blauwmaanzaad, bonen, karwij en witlof	<i>Sclerotinia</i>
Granen	Duist (<i>Alopecurus myosuroides</i>) Graswortelknobbelaaltje (<i>Meloidogyne naasi</i>)
Graszaadteelt	Zwarte roest (<i>Puccinia graminis</i>) Grasonkruiden (o.a. straatgras, duist)
Mais	Glad vingergras (<i>Digitaria ischaemum</i>)
Knolselderij	Schurft (<i>Phoma</i>)
Kolselderij en Peen	Wortelvlieg (<i>Psila rosae</i>)
Koolsoorten	Koolvlieg (<i>Delia radicum</i>) Aardvlo Koolwittevlieg (<i>Aleyrodes proletella</i>)
Suikerbiet	Bladschimmels (o.a. <i>Cercospora beticola</i> en <i>Stemphylium beticola</i>) Vergelingsvirussen (BYV, BMV, BChV)
Pootaardappelen	<i>Erwinia spp.</i> Virusziekten
Uien	Bodemschimmels (<i>Fusarium</i> en witrot) Valse meeldauw Thrips Uienvlieg
Voedergrasland	Bodeminsecten (emelten en engerlingen)
Witlof	Witlofmineervlieg (<i>Napomyza cichorii</i>)

* Ontwikkelingen die nu meer verontrustend zijn dan in 2016, zijn vet gedrukt

Tabel B4.3 *Potentieel verontrustende ontwikkelingen in akkerbouw & vollegrondsgroente in 2022*

Gewas	Aantaster	Oorzaak
Aardbei	Stengelbasisrot (<i>Phytophthora cactorum</i>)	Middelenpakket wordt kleiner evenals aantal toepassingen per teelt
Asperge	Onkruiden	Middelenpakket wordt kleiner en nog geen zicht op goede mechanisch alternatief
Granen	Gele roest (<i>Puccinia striiformis</i>)*	Resistentie doorbroken + actieve stof middel staat ter discussie
Koolsoorten	Luizen Rupsen	Vervallen van Closer in buitenteelten
Prei	Preimineervlieg (<i>Napomyza gymnostoma</i>) Trips	Preimineervlieg is een probleem in België, kan mogelijk oprukken naar Nederland. Vooral in zaaiprei. Trips: Middelenpakket wordt kleiner evenals aantal toepassingen per teelt
(Veld)sla	Valse meeldauw	Afhankelijk van resistentieveredeling
Ui	Koprot (<i>Botrytis aclada</i>)	Toenemend seizoensgebonden probleem

* Ontwikkelingen die nu meer verontrustend zijn dan in 2016, zijn vet gedrukt

Valse meeldauw in sla was in 2016 verontrustend maar is door veredeling op resistente lijnen tegen valse meeldauw beter onder controle en wordt daarom nu gezien als *potentieel* verontrustend. Preimineervlieg in prei was in 2016 ook verontrustend, maar is op dit moment vooral in België een probleem, en wordt daarom nu gezien als *potentieel* verontrustend. Een nieuwe *potentieel* verontrustende ontwikkeling is de doorbroken resistentie tegen gele roest in granen, en voor de beheersing daarvan is slechts een beperkt aantal middelen beschikbaar.

B4.2 Glasgroente en bloemisterij

Verontrustende ontwikkelingen

In 2022 werden vanuit de sector in totaal 34 ontwikkelingen benoemd als verontrustend voor de glasgroente en bloemisterij. In 2016 werden 30 ontwikkelingen als verontrustend ervaren (Jilesen et al., 2017). Zowel in het rapport van de NVWA (2017) als door de kerninformanten uit de sector, worden onvoldoende bestrijdingsmogelijkheden als eerste oorzaak genoemd van veel van die ontwikkelingen. Daarnaast worden strengere exporteisen voor producten, het ontbreken van effectieve natuurlijke vijanden, de ervaring dat er onvoldoende breed werkende middelen beschikbaar zijn, en het niet goed kunnen combineren van chemische gewasbeschermingsmiddelen met andere middelen en maatregelen, als belangrijke oorzaken genoemd. Een aantal *potentieel* verontrustende ontwikkelingen uit 2016 zoals bladluizen, tomatenmineermot en wantsen zijn verontrustend geworden sinds 2016, mede door bovengenoemde oorzaken. Spintmijt is in veel gewasgroepen niet meer verontrustend, met name door het innoveren van IPM-strategieën. Ook Botrytis is minder verontrustend, mede door de beschikbaarheid van nieuwe gewasbeschermingsmiddelen (zowel laagrisico als reguliere registraties). Voor een overzicht van de verontrustende ontwikkelingen in 2022, zie Tabel B4.4. In Tabel B4.5 staan de *potentieel* verontrustende ontwikkelingen in 2022 genoemd. De tabellen zijn een update ten opzichte van de tabellen zoals weergegeven door de NVWA in 2016, en vetgedrukte ZPO's zijn nieuw geconstateerd in 2022.

Tabel B4.4 Verontrustende ontwikkelingen in glasgroente en bloemisterij in 2022

Gewas	Aantaster
Glasgroente en bloemisterij	Bacterieziekten (<i>Ralstonia</i> , <i>Xylella</i>) Bladluis Cicaden Kaswittevlug en tabakswittevlug Rupsen (o.a. <i>Tuta absoluta</i> , Turkse mot en <i>Duponchelia</i>) Trips (Californische trips, Echinotrips, Japanse trips en Pepertrips) Virussen Wantsen (Brandnetelwants, groene appelwants en behaarde wants) Wol-, dop- en schildluis Diverse bodemplagen
Aardbei, tomaat, bladgewassen en bladkolen	<i>Botrytis</i>
Aardbei, potplanten, paprika en tomaat	Phytophthora*
Gerbera, roos, diverse potplantenteelten en paprika	Echte meeldauw
Cymbidium, alstroemeria, diverse potplantenteelten en bladgewassen	Slakken
Grondgebonden snijbloemeteelt, sla, potorchidee en tomaat	<i>Fusarium</i>
Grondgebonden bedekte teelten	Aaltjes (o.a. <i>Pratylenchus penetrans</i> , <i>Meloidogyne hapla</i>)
Gerbera, bromelia en amaryllis	Weekhuidmijten
Radijs, sla en enkele zomerbloemen	Valse meeldauw <i>Rhizoctonia solani</i>
Onbedekte teelten	Muizen
Alstroemeria	Wortelrot
Hypericum	Roest (<i>Melampora hypericorum</i>)
Radijs	Dradenschimmel Koolvlug
Komkommer	Spintmijt
Tomaat	Galmijt Nesidiocoris TOBRFV
Paprika	Nezara Tomatenbronsvlekkenvirus (TSWV)
Grondgebonden snijbloemeteelt	Mineervlug
Sierteelt	Groeiregulatie
Snijbloemeteelt algemeen	Verticillium
Pot-orchidee	Potworm (<i>Lyprauta</i>)

* Ontwikkelingen die nu meer verontrustend zijn dan in 2016, zijn vet gedrukt

Tabel B4.5 Potentieel verontrustende ontwikkelingen in glasgroente en bloemisterij in 2022.

Gewas	Aantaster	Oorzaak
Tomaat	Tomatenroestmijt (<i>Aculops lycopersici</i>)	Middelenpakket (onvoldoende correctiemiddelen)

B4.3 Fruitteelt

Verontrustende ontwikkelingen

In 2022 werden er in totaal 18 ontwikkelingen als verontrustend benoemd voor de fruitteelt. Elf van deze ontwikkelingen worden al sinds 2016 als verontrustend ervaren. De ervaring van een beperkt middelenpakket, aanwezigheid van invasieve plagen, en aangepaste wetgeving omtrent faunabeheer, worden vanuit de sector genoemd als belangrijke oorzaken van deze ontwikkelingen. Voor een overzicht van de verontrustende ontwikkelingen in 2022, zie Tabel B4.6. In Tabel B4.7 staan de *potentieel* verontrustende ontwikkelingen in 2022 genoemd. De tabellen vormen een update ten opzichte van de tabellen zoals weergegeven door de NVWA in 2016, en vetgedrukte ZPO's zijn nieuw geconstateerd in 2022.

Tabel B4.6 Verontrustende ontwikkelingen in fruitteelt in 2022.

Gewas	Aantaster
Appel	Appelbloedluis (<i>Eriosoma lanigerum</i>) Appelzaagwesp (<i>Hoplocampa testudinea</i>) Vruchtboomkanker (<i>Neonectria ditissima</i>)
Appel en peer (gangbaar/bio)	Schurft* Kevers (o.a. Appelbloesemkever (<i>Anthonomus pomorum</i>) en perenknopkever (<i>Anthonomus piri</i>) Wantsen (Bruingemarmerde schildwants (<i>Halyomorpha halys</i>) en Roodpootschildwants (<i>Pentatoma rufipes</i>)
Fruitteelt en boomkwekerij	Knaagdieren/Vogels Rupsen
Kers	Kersenvlieg (<i>Rhagoletis cerasi</i>) Luis
Kleinfruit (blauwe bes, zwarte bes, frambozen en bramen)	Virusziekten (o.a. Blueberry Scorch Virus)
Peer	Zwartvruchtrot (<i>Stemphylium vesicarium</i>) Perenbladvlo (<i>Psylla pyri</i>) Vruchtrot/Bewaarrot
Rode bes	Bladluis Fusarium
Zacht fruit	Suzuki-fruitvlieg

* Ontwikkelingen die nu meer verontrustend zijn dan in 2016, zijn vet gedrukt

Tabel B4.7 Potentieel verontrustende ontwikkelingen in fruitteelt in 2022

Gewas	Aantaster	Oorzaak
Appel	Alternaria spp.*	Agressievere isolaten gevonden in Zuid-Europa, met potentie om naar Nederland te verspreiden
Appel en peer	Bacterievuur (<i>Erwinia amylovora</i>) Colletotrichum spp.	Niet direct aanwijsbaar Moeilijk beheersbare schimmel, steeds meer aanwezig in Zuid-Europa met potentie om naar Nederland te verspreiden
Klein- en groot fruit	Mijten	Middelenpakket
Peer, jonge aanplant	Wortelonkruiden (komt van verontrustend)	Middelenpakket
Peer	Bladschimmel (<i>Diplocarpon mespili</i>) Phytophthora cactorum Pseudomonas syringae Vruchtboomkanker	Is al in Nederland aanwezig, nieuwe perenrassen lijken er gevoeliger voor Onverklaarbare toename Nieuwe perenrassen lijken er gevoeliger voor Onverklaarbare toename
Rode bes	Moerbeischildluis	Ongevoelig voor middelen

* Ontwikkelingen die nu meer verontrustend zijn dan in 2016, zijn vet gedrukt

Echte meeldauw in rode bes was in 2016 *potentieel* verontrustend, maar deze is met het huidige middelen- en maatregelenpakket goed te beheersen en daarom niet meer *potentieel* verontrustend.

B4.4 Bloembollen

Verontrustende ontwikkelingen

In 2022 werden in totaal 29 verontrustende ontwikkelingen gesignaleerd in de bloembollenteelt. Achttien van deze ontwikkelingen zijn al sinds 2016 of eerder verontrustend (Jilesen et al., 2017). Voor een groot deel van deze ontwikkelingen wordt een afname van beschikbare (correctie)middelen (of van het aantal toepassingen daarvan) genoemd als belangrijke oorzaak.

Voor een overzicht van de verschillende ontwikkelingen, zie Tabel B4.8. In Tabel B4.9 staan de *potentieel* verontrustende ontwikkelingen in 2022 genoemd. De tabellen vormen een update ten opzichte van de tabellen zoals weergegeven door de NVWA in 2016, en vetgedrukte ZPO's zijn nieuw geconstateerd in 2022.

Tabel B4.8 Verontrustende ontwikkelingen in bloembollen in 2022

Gewas	Aantaster
Bloembollen	Onkruiden Knolcyperus (<i>Cyperus esculentus</i>) Zuur (<i>Fusarium oxysporum</i>) Vrijlevende aaltjes (Trichodoriden)*
Allium	Galmijt
Allium, hyacint, krokus, narcis en tulp	Stengelaaltje (<i>Ditylenchus dispaci</i>)
Dahlia, gladiool, hyacint en zantedeschia	(Gladiolen)trips (<i>Thrips simplex</i>)
Dahlia, gladiool en iris	Wortelknobbelaaltje (<i>Meloidogyne hapla</i> , <i>M. chitwoodi</i> , <i>M. fallax</i>)
Brodiaea, hyacint, iris, muscari	<i>Erwinia</i>
Iris	Wolluis (<i>Phenacoccus avanae</i> en <i>P. emansor</i>)
Krokus, hyacint, iris, zantedeschia, fijnwortelige gewassen	<i>Pythium</i>
Lelie	Woekerziekte (<i>Rhodococcus fascians</i>) Wortellesieaaltje (<i>Pratylenchus penetrans</i>) Diverse virussen: Leliemozaïekvirus (LMV) Lelievirus X (LVX) Komkommermozaïekvirus (CMV) Symptoomloos lelievirus (LSV) Plantago Asiatic Mosaic Virus (PIAMV) Aardbeien-latent-kringvlekkenvirus (SLRSV) Arabis mosaic virus (ArMV)
Lelie, narcis, tulp en zantedeschia	Bollenmijt (<i>Rhizoglyphus echiopus</i>)
Tulp	Tulip Breaking Virus (TBV) Tulpengalmijt (vector van TVX) Tulpenvirus X (TVX)
Zantedeschia	<i>Erwinia</i> (<i>Pcc</i> , <i>Pectobacterium carotovorum</i> subsp. <i>Carotovorum</i>) Alternaria Alternata Verschillende virussen: Konjac mozaïekvirus (KoMv), Zantedeschia mozaïekvirus (ZaMV), Dieffenbachiamozaïekvirus (DsMV)

* Ontwikkelingen die nu meer verontrustend zijn dan in 2016, zijn vet gedrukt

Tabel B4.9 Potentieel verontrustende ontwikkelingen in bloembollen in 2022

Gewas	Aantaster	Oorzaak
Dahlia	PSTVd (Potato spindle tuber viroid)	RNQP-organisme, vondst gedaan in Nederland
Gladiool	Burkholderia (<i>Burkholderia gladioli</i>)	Geen effectieve bestrijding mogelijk
Gladiool, hyacint en muscari	Cicaden (overdracht fytoplasma)	Door opwarming klimaat schuift de plaag op naar het noorden
Gladiool en lelie	<i>Botrytis</i>	Beschikbaar middelenpakket staat onder druk

Tulpengalmijt in tulp was in 2016 *potentieel* verontrustend, vanwege de afhankelijkheid van één middel in de bestrijding van tulpengalmijt. Doordat dit middel niet langer toegelaten is, is tulpengalmijt verplaatst naar verontrustende ontwikkelingen in 2022.

B4.5 Boomkwekerij en vaste planten

Verontrustende ontwikkelingen

In 2022 werden in totaal 23 verontrustende ontwikkelingenesignaleerd in de boomkwekerij en vaste planten. Achttien van deze ontwikkelingen zijn al sinds 2016 of eerder verontrustend. Voor een groot deel van deze ontwikkelingen wordt een afname van beschikbare (correctie)middelen (of van het aantal toepassingen daarvan) genoemd als belangrijke oorzaak.

Voor een overzicht van de verschillende ontwikkelingen, zie Tabel B4.10. In Tabel B4.11 staan de *potentieel* verontrustende ontwikkelingen in 2022 genoemd. De tabellen vormen een update ten opzichte van de tabellen zoals weergegeven door de NVWA in 2016, en vetgedrukte ZPO's zijn nieuw geconstateerd in 2022.

Tabel B4.10 Verontrustende ontwikkelingen in boomkwekerij en vaste planten in 2022

Gewas	Aantaster
Boomkwekerij en vaste planten	Aaltjes Bacterieziekten (<i>Xanthomonas spp.</i> en <i>Pseudomonas spp.</i>) Blad- en stengelalen* Engerlingen Knolcyperus Luizen (wol-, schil-, katoen- en beukenbladluis) Onkruiden (wortelonkruiden en zaadonkruiden) Taxuskever Wantsen <i>Xylella fastidiosa</i>
Bedekte teelt van boomkwekerijgewassen en vaste planten en de onbedekte teelt van Liguster en Euonymus, Prunus en Laurier	Fusarium Mineervlieg Trips Varenrouwmug Witte vlieg
Buxus	Buxusmot
Roos, sierheesters en vaste planten	Valse meeldauw
Roos, Prunus, Amelanchier, Hortensia, Fagus en Eik	Echte meeldauw
Salix, Roos, Hypericum	Roest
Sierheesters	Weekhuidmijten
Vruchtbomen	Vruchtboomkanker (<i>Nectria galligena</i>) Appelbloedluis (<i>Eriosoma lanigerum</i>) Perenbladvlo

* Ontwikkelingen die nu meer verontrustend zijn dan in 2016, zijn vet gedrukt

Tabel B4.11 Potentieel verontrustende ontwikkelingen in boomkwekerij en vaste planten in 2022

Gewas	Aantaster	Oorzaak
Boomkwekerij en vaste planten	Japane kever (<i>Popillia japonica</i>)	Plaa g rukt op vanuit Zuid-Europa
Es	Aziatische essenprachtkever en andere prachtkevers (<i>Agrilus planipennis</i>)	Plaa g rukt op vanuit Oost-Europa en Noord-Amerika

Xylella fastidiosa is een Q-organisme en was in 2016 *potentieel* verontrustend. Door de desastreuze gevolgen van een besmetting en de brede waardplantreeks wordt deze bacterie nu beschouwd als een verontrustende ontwikkeling. Weekhuidmijten en Perenbladvlo waren in 2016 *potentieel* verontrustend vanwege mogelijke versmallingen in het middelenpakket. Deze versmallingen zijn doorgevoerd waardoor de plagen in 2022 als verontrustend werden gezien.

Aanvullend worden in het rapport "Advies over de risico's van de sierteeltketen" van Buro van de NVWA, de mogelijke introducties van de volgende organismen als verontrustend genoemd: de vectoren voor het quarantaineorganisme Tobacco ringspot virus (tabakskringvlekkenvirus, TRSV). Daarnaast worden de quarantaine-nematoden *Meloidogyne chitwoodi* en *M. fallax* aangemerkt als fyto sanitair risico ([https://www.nvwa.nl/documenten/plant/plantziekte-en-plaag/plantziekte-en-plaag-overig/risicobeoordelingen/advies-van-buro-over-de-risico%20%99s-van-de-bloembollenketen](https://www.nvwa.nl/documenten/plant/plantziekte-en-plaag/plantziekte-en-plaag-overig/risicobeoordelingen/advies-van-buro-over-de-risico%E2%80%99s-van-de-bloembollenketen)).

B4.6 Paddenstoelen

Verontrustende ontwikkelingen

In 2022 werden in totaal 7 verontrustende ontwikkelingen gesignaleerd in de paddenstoelenteelt. Al deze verontrustende ontwikkelingen zijn al sinds 2016 of eerder verontrustend. Bij alle ontwikkelingen wordt de ervaring van een beperkt middelenpakket als oorzaak benoemd. Omdat stinkende schuimvlekken slechts bij één champignon-ras voorkomen, is deze ontwikkeling niet langer gewas-breed verontrustend. Voor een overzicht van de verschillende ontwikkelingen, zie Tabel B4.12. Er zijn in 2022 geen *potentieel* verontrustende ontwikkelingen gesignaleerd in de teelt zelf. Wel wordt door de informanten gemeld dat er mogelijk residuen en vervuilingen van het stro optreden (residuen van halmverkorters in granen) die in de paddenstoelen in de supermarkt terug te vinden zijn. De tabellen vormen een update ten opzichte van de tabellen zoals weergegeven door de NVWA in 2016, en vetgedrukte ZPO's zijn nieuw geconstateerd in 2022.

Tabel B4.12 *Verontrustende ontwikkelingen in paddenstoelen in 2022*

Gewas	Aantaster
Champignon	Champignonvliegen
	Muggen
	Droge en natte mollen (<i>Lecanicillium fungicola</i> en <i>Mycogone perniciosa</i>)
	Spinnenwebschimmel (<i>Dactylium syn. Cladobotryum</i>)
	Groene schimmel (<i>Trichoderma aggressivum</i>)
	Ontsmettingsmiddelen
	Bacterievlekken (<i>Pseuodomonas gingeri</i>)

Correspondentie adres voor dit rapport:

Postbus 16

6700 AA Wageningen

T 0317 48 07 00

www.wur.nl/plant-research

Rapport WPR-

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, 6.800 medewerkers (6.000 fte) en 12.900 studenten 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



Wageningen University & Research

Open Teelten

Edelhertweg 1

Postbus 430

8200 AK Lelystad

T (+31)320 29 11 11

www.wur.nl/openteelten

Report WPR-OT 1034

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.
