

# 4. Gewasbescherming

L.A.P. Lotz (AB-DLO), J.A. van Veen (IPO-DLO) en M.J. Kropff (AB-DLO/PE-LUW)<sup>3</sup>

## 4.1. Inleiding

### 4.1.1. Probleemschets

Zonder gewasbescherming is het niet mogelijk om de voedselvoorziening zeker te stellen. Ook de sierteelt en de productie van non-food grondstoffen is alleen rendabel bij een betrouwbare bescherming tegen ziekten, plagen en onkruiden. Gewasbescherming zelf staat in Nederland dan ook niet ter discussie, maar wel de wijze waarop dit thans gebeurt. Als voorbeeld, uitspoeling van een aantal chemische bestrijdingsmiddelen leidt in grote delen van Nederland tot een overschrijding van de drinkwaternorm in het bovenste grondwater (RIVM, 1996). Ook emissies van bestrijdingsmiddelen naar het oppervlaktewater en de lucht worden door velen in de Nederlandse samenleving als zorgwekkend ervaren.

Gewasbescherming kan in principe op vele manieren, met chemische of niet-chemische methoden, worden uitgevoerd. In Nederland vindt gewasbescherming op dit moment voornamelijk geïntegreerd plaats met een belangrijke rol voor chemische middelen. Biologische bestrijding staat nog in de kinderschoenen. In feite zijn alleen in gesloten teelten een aantal biologische bestrijdingsmiddelen tegen bepaalde plagen in de praktijk in gebruik. Biologische methoden voor bestrijding van ziekten, plagen en onkruiden in de open teelten zijn in ontwikkeling, maar niet op korte termijn breed beschikbaar. In de onkruidbestrijding is de laatste jaren duidelijk een toename waar te nemen van de inzet van mechanische maatregelen. Herbiciden worden echter nog steeds veel gebruikt. Tabel 4.1 geeft een overzicht van recent gebruik van de belangrijkste type middelen (zie ook de deelstudie van het LEI-DLO). In 1995 is, vergeleken met voorgaande jaren, alleen het gebruik van grondontsmettingsmiddelen sterk afgenomen.

Het Meerjarenplan Gewasbescherming (MJP-G), dat in 1991 effectief is geworden, beoogt een reductie in de omvang van het gebruik, in de emissie en in de afhankelijkheid van chemische gewasbeschermingsmiddelen (Meerjarenplan Gewasbescherming, 1990). De taakstelling voor 1995 met betrekking tot de vermindering van het gebruik van alle chemische middelen van 30-35%, uitgedrukt in kilogrammen werkzame stof (t.o.v. gemiddeld gebruik in de referentie jaren 1984 - 1988), is gehaald (Voortgangsrapportage MJP-G, 1996; Achtergrondrapport, 1996). De reeds genoemde sterke afname van het gebruik van grond-

<sup>3</sup> M.m.v. R.P. Baayen, P.H.J.F. van den Boogert, C.J.H. Booij, H. Huttinga, J. Köhl, J.W.L. van Vuurde, F.C. Zoon (IPO-DLO).

ontsmettingsmiddelen (77%) draagt belangrijk bij aan dit resultaat. De taakstelling voor fungiciden en herbiciden werd in 1995 niet bereikt. De Commissie van Deskundigen Emissie-evaluatie MJP-G (1996) meent dat de taakstelling ten aanzien van de emissie van gewasbeschermingsmiddelen in 1995 wel is gehaald. Deze mening wordt beslist niet door diverse milieu-organisaties gedeeld (Samenwerkende Milieuorganisaties, 1996). De Waterleidingbedrijven benadrukken dat ook in 1995 nog steeds sporen van gewasbeschermingsmiddelen de winning van drinkwater bemoeilijken (VEWIN, 1996). Met betrekking tot de emissie naar het milieu is er nog een groot gebrek aan inzicht in ecotoxicologische aspecten.

*Belangrijk is te constateren dat er maatschappelijk een sterke behoefte bestaat om tot een reductie in het gebruik van chemische bestrijdingsmaatregelen te komen, die veel verder gaat dan het gestelde in het MJP-G.*

Bij reductie in gebruik van chemische bestrijdingsmiddelen wordt beoogd dat dit in elk geval ook een reductie in emissie betekent. In deze studie besteden we daarom veel aandacht aan deze reductie in het gebruik. Uiteraard is het ook denkbaar dat er systemen worden ontwikkeld waarin chemische bestrijding een belangrijke rol speelt en waarin de emissie, door technologische oplossingen, toch sterk verlaagd is. Ook hier gaan we in deze studie op in.

Voor de ontwikkeling van systemen voor gewasbescherming waarin aanmerkelijk minder biociden worden gebruikt, is het volgende relevant:

- Agrarische productiesystemen worden gekarakteriseerd door sequenties van teeltomstandigheden en bestrijdingsmaatregelen in een gewasrotatie. Ziekten, plagen en onkruiden kunnen zich echter, vroeg of laat, goed aanpassen aan deze regimes. Dit kan gebeuren door ophoping (bijvoorbeeld in de bodem) van zaden en andere verspreidingsorganen van gewasbelagers die zich in een bepaalde teelt goed kunnen vermeerderen en die perioden of teelten waarin de omstandigheden voor deze organismen minder gunstig zijn in "rust" overbruggen. Een andere mogelijkheid is dat gewasbelagers zich zodanig aanpassen (door veranderingen in het erfelijke materiaal) dat zij tolerantie of resistentie ontwikkelen voor bestrijdingen. Productiesystemen dienen dan ook zo te worden ontwikkeld dat genoemd aanpassen van gewasbelagers zo min mogelijk wordt beloond.
- Er is altijd sprake van een complex van uiteenlopende gewasbelagers. Is de ene plaag goed bestreden, dan kan onverwachts de volgende de overhand krijgen. Gewasbescherming dient dan ook niet gericht te zijn op een enkel schadeverwekkend organisme maar stelselgericht op dit hele complex van ziekten, plagen en onkruiden. Hierdoor wordt het gewasbeschermingsonderzoek voor een moeilijke taak gesteld, omdat het aangrijpingspunt van het onderzoek voor de ontwikkeling van een bestrijdingsmethode in principe de levenscyclus van één bepaalde gewasbelager is. Tevens is het duidelijk dat bijvoorbeeld resistentieontwikkeling in een gewas voor de op dat moment belangrijkste gewasbelager, niet voldoende is voor een blijvend effectief gewasbeschermingspakket.

- In productiesystemen doen zich continu nieuwe ziekten, plagen en onkruiden voor. Deels gaat het daarbij om bekende organismen die gewassen aantasten die anders of op grotere schaal worden geteeld. Echter, ook geheel nieuwe soorten die schade aan gewassen veroorzaken, dienen zich voortdurend aan.
- Tenslotte mogen de gewasbeschermingsmaatregelen uiteraard zelf niet leiden tot minder gunstige omstandigheden van het milieu of van productiesystemen, bijvoorbeeld door contaminatie met biociden of afbraakproducten daarvan.

Visies ten aanzien van hoe de reductie in het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen in de toekomst gerealiseerd kan worden, werden in kaart gebracht in het GIDEON-project van het Rathenau instituut (Sterrenberg en Brandt, 1996; Groenewegen *et al.*, 1996). In dit GIDEON-project is een groot aantal betrokkenen gevraagd wat hun voor ogen staat bij een duurzame gewasbescherming, en op welke wijze ze die denken te bevorderen. Daaruit kwam naar voren dat er in feite twee opties centraal staan:

1. *Chemische verfijning*, met voortzetting en verfijning van huidige gewasbeschermingspraktijk met o.a. de ontwikkeling van snelafbrekende biologische en chemische middelen met een selectieve werking en verbeterde toedieningstechniek, maar ook het voorkómen van ziekten, plagen en onkruiden door meer ziekte- en plaagresistente en -tolerante gewassen te telen.
2. *Systeemgerichte preventie*, waarbij de gewasbescherming gebaseerd is op zoveel mogelijk voorkómen van ziekten, plagen en onkruiden. Preventie vindt plaats op de niveaus: teelt (zoals bij chemische verfijning), bedrijf, regio, waarbij bijv. een resultaat kan zijn dat een bepaalde teelt ongeschikt is voor Nederland. Chemische bestrijding blijft in beeld (vangnet).

Het *doel* van deze deelstudie:

- nader verkennen wat perspectiefrijke trajecten zijn om in de gewasbescherming tot aanzienlijke reducties van het gebruik aan chemische bestrijdingsmiddelen en energie te komen,
- aangeven welke consequenties aan dergelijke reducties zijn verbonden,
- aangeven welk onderzoek nodig is en of de vereiste expertise aanwezig is of dat deze nog dient te worden ontwikkeld.

Tabel 4.1.: Afzet van chemische bestrijdingsmiddelen ( $\times 10^6$  kg werkzame stof).

Bron: NEFYTO en Bureau Heffingen.

	1984-1988	1992	1995
Fungiciden	4.03	4.65	4.49
Herbiciden/loofdodingsmiddelen	3.85	3.33	3.98
Grondontsmettingsmiddelen	10.25	6.76	2.39
Insecticiden/acariciden	0.60	0.61	0.55

#### 4.1.2. Ontwikkelingsrichtingen

Vanuit een systeembenadering kunnen verschillende ontwikkelingsrichtingen voor de gewasbescherming worden geformuleerd om tot een sterke reductie van emissie van biociden te komen. Hier wordt uitgegaan van drie richtingen:

1. Een ontwikkelingsrichting waarin emissies worden beperkt door technologische oplossingen. Chemische bestrijding is een van de pijlers van dit systeem. Er wordt dus niet gestreefd naar vermindering van de afhankelijkheid van chemische bestrijding. Wel is door verbeterde technologie, bijvoorbeeld voor toediening en optimalisering van de effectiviteit van biociden, de emissie sterk beperkt.
2. Een ontwikkelingsrichting waarin het gebruik en de afhankelijkheid van chemische bestrijding zeer sterk wordt teruggedrongen door preventieve maatregelen. Inzet van biociden blijft in principe mogelijk maar dient als redmiddel (vangnet) als andere methoden voor gewasbescherming niet meer mogelijk zijn. Worden biociden gebruikt, dan zoveel mogelijk met de technologie van ontwikkelingsrichting 1.
3. Een ontwikkelingsrichting gebaseerd op een 0-optie m.b.t. gebruik van chemische bestrijdingsmiddelen. Deze derde richting maakt gebruik van de technologische oplossingen en preventieve maatregelen van de tweede ontwikkelingsrichting. Aangezien er echter geen vangnet van chemische bestrijding is, kan de consequentie zijn dat niet alle gewasbelagers volledig worden bestreden.

Beide GIDEON-opties *Chemische verfijning* en *Systeemgerichte preventie* (zie 4.1.1) streven naar vermindering van de afhankelijkheid, gebruik en emissie van biociden. De twee GIDEON-opties geven in feite een continuüm aan, dat het meest gedekt wordt door onze tweede ontwikkelingsrichting. Onze derde ontwikkelingsrichting (de 0-optie) is wezenlijk anders omdat er dan geen vangnet van chemische middelen meer is.

#### 4.2. Kader van "Strategisch balanceren" (de 3 B's)

Kropff (1996) onderscheidt drie aspecten in de beheersing van onkruiden:

- *Behoeden,*
- *Beslissen,*

- *Bestrijden.*

Het aspect *behoeden* betreft het zodanig inrichten van bedrijfs- en teeltsystemen dat de ontwikkeling van ziekten en plagen, en onkruidproblemen zoveel mogelijk wordt voorkomen. Dit kan worden bereikt door gewassen te telen die voor ziekten en plagen resistent zijn, door preventieve/ bedrijfshygiënische maatregelen, door een goede vruchtopvolging in de gewasrotatie en, niet in de laatste plaats, door allerlei teeltmaatregelen (onder andere bemesting). Met betrekking tot *beslissen* gaat het om 1. strategische beslissingen, waarin rekening wordt gehouden met lange-termijnontwikkeling, 2. tactische beslissingen voor een bepaald groei-seizoen, en in het kader daarvan, 3. operationele beslissingen (wat doe je op dit moment?). Wanneer er een duidelijk verband is tussen dichtheden van gewasbelagers over jaren (zoals bij éénjarige onkruiden via de zaadvoorraad), gaat het vooral om strategische beslissingen. Wanneer dit verband minder duidelijk of afwezig is, gaat het vooral om tactische en operationele beslissingen.

Als besloten wordt dat *bestrijding* noodzakelijk is, kan dit gebeuren met chemische, biologische of mechanische maatregelen. Ook verschillende teelttechnische maatregelen kunnen een bestrijdend effect hebben.

Het gebruik van chemische middelen kan geminimaliseerd worden door het accent van strategieën en maatregelen vooral op *behoeden* te leggen, betrouwbare *beslissingsmodules* te gebruiken die voorkomen dat onnodig wordt bestreden, en tenslotte als bestrijding noodzakelijk is, bestrijdingsmaatregelen zodanig te gebruiken dat zij elkaar aanvullen of versterken (synergisme). Een extra voordeel van deze benadering van *strategisch balanceren* is dat ook resistentie-ontwikkeling in gewasbelagers wordt afgeremd.

### **4.3. Gewasbescherming in relatie tot gebruik van energie en nutriënten**

Er zijn drie soorten directe raakvlakken tussen de gewasbescherming en het energiegebruik in de landbouw:

- Verlies aan gewasopbrengst is in feite verspilling van door het gewas vastgelegde zonne-energie en van fossiele energie.
- Er is energie nodig voor productie van chemische gewasbeschermingsmiddelen. Zie Van Dasselaar & Pothoven (1994) voor een overzicht van de energiewaarde per kg product per middelengroep en de energiewaarde van formuleringen.
- Niet-chemische bestrijding kost soms relatief veel energie. Voorbeelden zijn stomen van grond en mechanische bestrijding van onkruiden.

Opgemerkt wordt dat er nog geen goede methode is om vergelijkingen (bijvoorbeeld in de vorm van milieurendementstoetsen) te maken wat minder belastend is voor het milieu, gebruik van een bepaalde hoeveelheid werkzame stof versus gebruik van een bepaalde hoeveelheid

energie. Voor het energiegebruik ten behoeve van gewasbescherming in relatie tot het gebruik ten behoeve van andere agrarische activiteiten wordt verwezen naar de energiestudie (Hoofdstuk 5).

Het nutriëntenaanbod is vaak mede bepalend voor de mate waarin gewasbelagers gewasopbrengsten beïnvloeden. Een verhoging van de beschikbaarheid van nutriënten kan zowel positieve als negatieve effecten hebben op de ontwikkeling en vermeerdering van gewasbelagers. Gezien de grote verschillen tussen combinaties van gewas en gewasbelagers, is het in het kader van deze deelstudie niet mogelijk deze effecten in meer algemene termen te generaliseren.

#### **4.4. Beschrijving werkwijze**

Voor vijf cases, namelijk pathogene schimmels, nematoden, insecten, plantenvirussen en bacteriën, en onkruiden wordt ter illustratie in het kort behandeld:

- problematiek;
- verkenning van technologische oplossingen. Invullingen van de drie B's (zie 4.2) worden niet geprioriteerd, wel wordt gericht gezocht naar combinatiemogelijkheden, compatibiliteit en integratie;
- relaties tot beheersen van andere ziekten, plagen onkruiden (stysteemgericht);
- verschillen voor de drie ontwikkelingsrichtingen, genoemd in 4.1.;
- bijdrage aan vermindering van emissies.

Vervolgens wordt, gebruikmakend van de vijf cases, samengevat de bijdrage aan het bereiken van de milieudoelen en implicaties voor gewasbescherming in plantaardige productiesystemen. Tenslotte worden hieruit prioritaire thema's voor onderzoek afgeleid.

#### **4.5. Case studies**

##### **4.5.1. Pathogene schimmels**

###### **Problematiek**

De inzet van gewasbeschermingsmiddelen tegen pathogene schimmels in de akker- en tuinbouw is op dit moment aanzienlijk. Een belangrijke oorzaak daarvan is de grote verscheidenheid aan milieus waarin schimmels problemen veroorzaken (voltegrond versus kas; bovengrondse versus ondergrondse plantendelen). Bovendien is de groep van de plantenpathogene

schimmels uitermate divers qua strategieën voor infectie, overleving en verspreiding, en voor het (a)sexueel genereren van diversiteit in aantastingsvermogen.

In principe bestaan voor vrijwel alle schimmels fungiciden. De neiging bestaat daarom om voor de bestrijding aan de veilige kant te gaan zitten, zeker bij bovengrondse schimmels die aanleiding kunnen geven tot epidemieën. Als gevolg van het succes van chemische bestrijding zijn er ook nauwelijks biologische middelen ontwikkeld tegen schimmels, en moet de financieel-economische evaluatie daarvan nog beginnen.

Het onderzoek aan beheersing van schimmels richt zich, uitgaande van één factor (of resistentie, of een chemisch middel), steeds meer op geïntegreerde bestrijding met inzet van alle beschikbare middelen (resistentiemanagement, biologische en compatibele chemische middelen, schoon uitgangsmateriaal, schone bodem, cultuurmaatregelen). Voor bovengrondse schimmels is daarbij een andere aanpak nodig dan voor ondergrondse. Epidemieën (bovengronds) leiden in korte tijd tot desastreuze schade over grote afstanden en gaan samen met snelle doorbreking van waardplantresistentie. Ondergrondse schimmels geven vanwege hun geringe mobiliteit zelden aanleiding tot epidemieën, maar kunnen in harden wel buitengewoon persistent zijn. Bovengrondse schimmels zijn toegankelijk voor gewasbeschermingsmiddelen, ondergrondse veel minder. Het verschil tussen kas en vollegrond is kleiner, maar in beide situaties komen andere schimmels voor zodat oplossingen per milieu verschillen.

### **Verkenning technologische oplossingen**

Van groot belang is het verder uitwerken van bestaande en nieuwe technologische oplossingen, en het - veel meer dan nu - integreren van al die oplossingen. Voor een groot aantal verschillende milieus en bijbehorende pathogenen is maatwerk nodig.

*Behoeden* vereist schoon uitgangsmateriaal en een schoon substraat. Om dit te waarborgen zijn specifieke detectiemethoden nodig, waarvoor juist nu allerlei nieuwe technologische mogelijkheden beschikbaar komen (bijvoorbeeld AFLP, zie ook de moleculair-genetische technieken zoals genoemd bij de virussen). Voortbouwend daarop kunnen betrouwbare kwantitatieve detectie- en bemonsteringsmethoden worden ontwikkeld (nu nog niet beschikbaar). Behoeden is ook mogelijk door nieuwe (transgene) resistenties in te bouwen in gewassen. Bij voorkeur dienen zulke resistenties niet te berusten op monogene eigenschappen waaraan de schimmel zich makkelijk kan aanpassen. Behoeden omvat ook resistentiemanagement (inzet van cultivars met de juiste resistentie t.o.v. de aanwezige schimmelpopulatie) en cultuurmaatregelen zoals ruimtelijke scheiding (bijvoorbeeld tussen de teelt van uitgangsmateriaal en de productieteelt), gewasrotatie, gewasrestenmanagement inclusief bio-sanitatie en (in gesloten teelten) klimaatbeheersing en verregaande isolatie van gewassen voor pathogene schimmels en hun vectoren. Hiertoe dient de kennis uitgebreid te worden van met name de ecologie van de pathogene schimmels in relatie tot biotische en abiotische omgevingsfactoren (inclusief teeltmaatregelen).

*Beslissen* impliceert de verdere ontwikkeling van dynamische schademodelen met daarin alle inzetbare factoren en, voor bovengrondse schimmels, het weer. Voor ondergrondse schimmels

dient in de toekomst op grond van gerichte bemonstering te worden bepaald wat het risico is van de voorgenomen teelt. Dat risico dient te worden ingeschat op basis van de ziekteverendheid van het substraat (grond!) en de aard en omvang van de pathogene populatie. Het opnemen van omgevingsfactoren in de genoemde schademodellen vereist dat, meer dan thans gebeurt, kennis van het modelleren van dynamica en effecten pathogene schimmels wordt gekoppeld aan bovengenoemd ecologisch onderzoek. Vanwege de ontoegankelijkheid van het substraat zijn tijdens de teelt de mogelijkheden om in te grijpen beperkt tot robuuste methoden zoals inundatie met chemische middelen.

*Bestrijden* dient in de toekomst zoveel mogelijk te worden uitgevoerd op basis van schadevoorspellingen met selectieve, milieuvriendelijke middelen die compatibel zijn met biologische middelen. Bestrijding van bodemschimmels zal het hele areaal betreffen in bepaalde kas-teelten of, waar mogelijk, alleen pleksgewijs (haarden). Bij chemische bestrijding zal de dosering zo laag mogelijk dienen te zijn (minimum letale dosering). In gesloten teelten is het in principe mogelijk om, net als voor nutriënten, toegediende fungiciden te recirculeren en weer te gebruiken. Hierdoor zouden emissies sterk beperkt kunnen worden, met name van belang voor ontwikkelingsrichting 1. Expertise omtrent zulke recirculatiesystemen dient nog ontwikkeld worden. Daarnaast zullen de praktische mogelijkheden van niet-chemische alternatieven als grondstomen, solarisatie en inundatie bekeken moeten worden. Ook voor dit laatste is nieuwe kennis vereist (fysisch, ecologisch).

Integratie van alle beschikbare technologische oplossingen is de sleutel tot duurzaamheid. De combinatie van biologische en chemische middelen en resistente gewassen leidt tot verlenging van de levensduur van elk van de methoden afzonderlijk. Integratie kan ook een additief of synergistisch effect hebben. Dit laatste leidt tot verdere verlaging van de middeleninzet, zodat milieuvriendelijke chemische middelen langer beschikbaar blijven.

### **Relatie tot beheersen van andere ziekten, plagen en onkruiden**

Onkruiden op het veld of in akkerranden kunnen optreden als tussengastheer van bepaalde (bodem)schimmels. Zij kunnen echter ook een reservoir zijn voor nuttige organismen. Op hun beurt kunnen bodemschimmels als vector optreden voor virussen die tevens directe schade kunnen veroorzaken. Insecten spelen als vector een rol bij de verspreiding van schimmels die eveneens directe schade aan de plant kunnen veroorzaken. Samen met de plant en zijn gewasresten vormen (micro)flora en -fauna een complex ecosysteem waarin gewasbeschermende maatregelen tot onbedoelde gunstige of ongunstige effecten kunnen leiden. Een directe bestrijding van het "sleutelorganisme" (niet noodzakelijk de schimmel zelf) kan tot een optimale gewasbescherming leiden; omgekeerd kan bestrijding van alleen de schimmel ineffectief zijn zolang de vector aanwezig blijft. Onderzoek is nodig naar ziektecomplexen, inclusief de rol van alternatieve waardplanten en vectoren.



## **Bijdrage aan vermindering emissies**

Er zijn twee invalshoeken: (1) welke teelten verbruiken veel fungiciden (zetten reducties zoden aan de dijk?), en (2) in welke teelten is een significante reductie mogelijk zonder de economische basis voor die teelten te ondergraven? Hieronder worden deze aspecten belicht met voorbeelden voor de verschillende teeltmilieus.

*Vollegrondsteelten:* de aardappelteelt is een van de belangrijkste fungicidenverbruikers.

Anderzijds is de aardappelteelt een van de meest rendabele akkerbouwteelten. Voor de pootaardappelteelt is ontwikkelingsrichting 2 (de 0-optie), zonder verregaande innovatie op basis van nog niet bestaande technologie (bijvoorbeeld isolatietechnieken die voorkomen dat infectie optreedt), niet realistisch omdat het uitgangsmateriaal geheel ziektevrij moet zijn. Voor de teelt van consumptieaardappelen ligt dit anders.

Precisiebestrijding van haarden (met name van bodemschimmels) zal naar schatting 50% reductie kunnen geven (ontwikkelingsrichting 1). Reducties tot 50% lijken haalbaar voor bovengrondse schimmels d.m.v. resistentieveredeling en fytosanitaire maatregelen, onder meer door biosanitie. Dit betekent een totale reductie tot 75% van het huidige gebruik, wanneer ontwikkelingsrichting 2 gevolgd kan worden. Vergelijkbare problemen en mogelijkheden liggen er voor de bloembollenteelt.

*Kasteelten:* de teelten onder glas zijn heel divers en economisch van groot belang. De teelt van uitgangsmateriaal (zaden, stekken) is ook hier heel kritisch. De productieteelt is maar weinig minder kritisch in verband met nultoleranties bij export. Volumereducties zijn niet altijd eenvoudig te bereiken omdat het om grote aantallen gewassen gaat, elk met hun eigen problemen. Dit vraagt om gemeenschappelijkheid in de problematiek als onderzoeksingang. Anderzijds is een kas een gebufferde, beheersbare omgeving qua substraat en klimaat, hetgeen specifieke mogelijkheden biedt om tot reducties van gebruik en emissies te komen (bijvoorbeeld door recirculatie van chemische bestrijdingsmiddelen). De mogelijkheden voor reducties zijn moeilijk te kwantificeren, maar moeten worden gezocht in de richting van een geïntegreerde aanpak van precisiebestrijding - chemisch en in combinatie met biologisch bestrijding (ontwikkelingsrichting 1) en resistentieveredeling en resistentiemanagement (ontwikkelingsrichtingen 2 en 3).

## **Verschillen tussen de ontwikkelingsrichtingen**

Voor de teelt van hoogwaardig uitgangsmateriaal op bodemgebonden wijze is ontwikkelingsrichting 3 (de 0-optie) op dit moment niet haalbaar zonder dat criteria op basis van 0-tolerantie komen te vervallen. Een mogelijkheid zou zijn dat dit uitgangsmateriaal in de toekomst niet meer in open teelten wordt geproduceerd maar juist op geïntensiveerde wijze onder verregaande conditionering, isolatie en eventueel recirculatie van chemische bestrijdingsmiddelen. Op zich lijkt dit haalbaar, al is het beslist denkbaar dat deze intensivering gepaard zal gaan met nieuwe problemen met gewasbelagers. De haalbaarheid van ontwikkelingsrichting 3 zal ook verbeterd worden als door regionalisering de teelt van uitgangsmateriaal en de productieteelt van elkaar gescheiden worden. Als deze mogelijkheden om de

perspectieven van ontwikkelingsrichting 3 te verbeteren, niet tot ontwikkeling komen, zal dat tevens betekenen dat ontwikkelingsrichtingen 2 en 3 voor de teelt van uitgangsmateriaal dicht bij elkaar blijven liggen.

In de productieteelten is ontwikkelingsrichting 3 in principe mogelijk voor bepaalde teelten, maar heeft nog onderzoek (verbetering preventieve maatregelen, niet-chemische bestrijding), de introductie van nieuwe gewassen die geen waardplant zijn voor belangrijke pathogene schimmels (bijvoorbeeld energiegewassen) en/of (natuur)braak om de noodzakelijke verruiming van de teelt in ruimte en tijd mogelijk te maken.

#### **4.5.2. Parasitaire nematoden**

##### **Problematiek**

Plantparasitaire nematoden zijn er in vele soorten met zeer verscheiden levenswijzen. De waard-plantreeks kan smal (cysteaaltjes) of zeer breed zijn (vrijlevende aaltjes). De voeding vindt in of buiten de wortel plaats. Het aantal generaties is één of meerdere per jaar. De overleving zonder waardgewas kan maanden tot jaren beslaan. Nematoden veroorzaken opbrengstreductie en/of kwaliteitsschade en vormen als kwaliteits- of quarantainefactor vaak een probleem bij handel en export. Enkele soorten brengen virussen over. Nematoden verplaatsen zich relatief weinig. Daardoor is een perceels- of pleksgewijze aanpak mogelijk. In de grond zijn ze nauwelijks uit te roeien, zodat voortdurende monitoring en afgewogen preventieve actie noodzakelijk is. Bestrijdingsmaatregelen kunnen alleen preventief genomen worden en daarbij is de bereikbaarheid van de aaltjes in de grond problematisch. De nog vaak noodzakelijke inzet van nematologische identificatie-expertise belemmert de overname van technologie door veredelingsbedrijven, adviserende instanties en telers.

##### **Verkenning technologische oplossingen**

###### **Behoeden (preventie)**

1. Rotatie met niet-waardplanten en bestrijding van waard-onkruiden is de beste methode om de plaagdruk laag te houden. Voor teeltadvies en veredeling zijn snelle en goedkope methoden nodig voor het testen van waardplantgeschiktheid/resistentie van bestaande en nieuwe gewascultivars, met name voor aaltjes met een brede waardplantreeks (wortelknobbel-, wortellesie- en trichodoride-aaltjes/tabaksratelvirus). Daarnaast moet kennis worden gegenereerd over de vermeerdering en overlevingsduur van deze nematoden onder veldomstandigheden.
2. Het verwerven van resistentie in vatbare gewassen is belangrijk voor gespecialiseerde aaltjes. Het opsporen van virulentie- en resistentiegenen die betrokken zijn bij de waardparasiet-relatie en pathogenese (cysten- en wortelknobbelaaltjes) en genetische eliminatie van receptoren of inbouw van nep-receptoren (o.a. 'plantibodies') in gewassen verdient voortzetting. Het opsporen van nog onbekende resistentiemechanismen en betrokken genen o.a. in het voortraject voor penetratie (signaalstoffen, host-finding, repellence), heeft

~~ook perspectief voor aaltjes met een minder intieme waardplantrelatie en kan tevens de tolerantie van gewassen bevorderen (minder schade bij hetzelfde aantal aaltjes).~~

3. Het opsporen van microbiële factoren die samenhangen met de bodemweerstand tegen aaltjesschade kan worden bespoedigd door inzet van moleculaire fingerprint-methoden voor de gehele bodemmicroflora (DGGE, TGGE) in combinatie met nieuwe methoden voor het meten van de weerstand tegen verschillende levensprocessen van nematoden.
4. Schoon uitgangsmateriaal en bedrijfshygiëne is van essentieel belang voor de vermeerdering in kunstmatige- of ontsmette substraten, en in schone grond. Voor handel en export worden vaak hoge eisen gesteld aan het aaltjesvrij zijn van plantmateriaal. Snelle en specifieke (moleculaire) detectie van schadelijke nematodensoorten in plantmateriaal en grond staat echter nog in de kinderschoenen.

#### Beslissen (risicoschatting en adviessystemen)

1. Snellere, automatiseerbare, liefst kwantitatieve detectie van aaltjes in grond en uitgangsmateriaal is gewenst. Gevoelige, specifieke moleculaire methoden zouden in combinatie met verdunningsreeksen of met andere modificaties een kwantitatieve bepaling kunnen opleveren.
2. Kennis over verdelingspatronen van nematoden is nodig voor een goede bemonsteringsstrategie en daaraan gekoppelde schadeverwachting. Alleen voor het aardappelcysteaaaltje is een redelijke hoeveelheid kennis hierover verzameld.
3. Kennis over het verband tussen nematodendichtheid en gewasschade is voorhanden voor aardappel- en bietecysteaaaltjes. Schaderelaties van andere aaltjes, incl. planteffecten (tolerantie) en bodemeffecten (bodemweerstand) moeten nog worden onderzocht.
4. Ontwikkeling van beslissingsondersteunende modellen en adviessystemen is nodig om de veelheid aan gegevens over schadelijkheid van aaltjessoorten, gevoeligheid van gewascultivars, actuele aaltjespopulaties, waardplanten en maatregelen op rationele wijze af te kunnen wegen. In veel gevallen is een gewasverzekering een potentieel alternatief voor preventief grondontsmetten.

#### Bestrijden (niet- of minimaal- chemische methoden)

1. Resistente/toxische- en vroeggeruimde vanggewassen zijn effectief inzetbaar tegen cysteaaaltjes. Zij zouden deels vervangen kunnen worden door toediening van kunstmatig vangsubstraat met specifieke wekstoffen. Er is veel meer speurwerk nodig naar natuurlijke signaalstoffen (inclusief repellentia) die het gedrag van nematoden beïnvloeden, analoog aan het vele werk dat reeds is gedaan aan insectenferomonen. Door combinatie van een attractant met aaltjesparasitaire schimmels of met nematiciden is in theorie een sterke verhoging van de effectiviteit c.q. verlaging van de dosering van de middelen mogelijk. ~~Repellents kunnen via zaadcoating, via toevoeging van organisch materiaal, of via genetische modificatie/selectie van planten worden ingezet tegen aaltjes-aantrekking naar wortels.~~

2. Biologische bestrijding van nematoden door inheemse en toegevoegde antagonisten is nog onvoldoende effectief of weinig voorspelbaar. Kennis over de ecologie van belangrijke antagonisten in bodem en rhizosfeer is onmisbaar voor verbetering van de effectiviteit en betrouwbaarheid.
3. Toevoeging van organische stof (bijv. GFT-compost) verhoogt de bodemweerstand tegen host-finding door trichodoride aaltjes, waarschijnlijk door adsorptie of omzetting van plant-signalen. Onderzocht moet worden of dit voldoende bescherming van gevoelige gewassen geeft onder veldomstandigheden en of ook andere aaltjessoorten worden beïnvloed. Gerichte toevoegingen van organisch materiaal zouden kunnen worden ontwikkeld indien bekend zou zijn welke plantenstoffen betrokken zijn bij host-finding.

### **Relatie tot beheersen van andere ziekten, plagen en onkruiden**

De beheersing van aaltjes is in veel gevallen sterk verweven met de beheersing van andere bodemziekten (gewasrotatie, beheer van organisch materiaal) en met de beheersing van (waard-)onkruiden. Het proces van host-finding in het bodemmilieu speelt ook een rol bij bodeminsecten, insectenpathogene aaltjes en schimmels; mogelijk met overeenkomstige signaalstoffen.

### **Verschillen tussen de ontwikkelingsrichtingen**

Ontwikkelingsrichtingen 1 en 2 zijn mogelijk voor vrijwel alle aaltjesproblemen, maar de huidige toepassing hangt sterk af van het beschikbaar zijn en de kosten van betrouwbare risicoschatting en alternatieve maatregelen. De mogelijkheid van ontwikkelingsrichting 3 hangt samen met het saldo van niet-waardgewassen en van betrouwbare schoonverklaring van percelen. Het betekent voor vermeerderingsteelten soms dat naar een andere grond of kunstmatig substraat moet worden uitgeweken. Alle opties zijn in principe te combineren met een gewasverzekering, zodra een risicoanalyse te maken valt. Helaas zijn de kosten van grondontsmetting voor 'dure' gewassen als tulp en pootaardappel relatief gering, wat gevoelsmatig leidt tot 'baat het niet, dan..'. Uit economische berekeningen komt echter dat blindelings toepassen vaak ten koste gaat van het netto saldo.

### **Bijdrage aan vermindering emissies**

Verdere inzet van resistentie, intensieve bemonstering en adviessystemen in aardappel kan nog ca. 80 % van de huidige (totale) grondontsmetting reduceren (ontwikkelingsrichtingen 1 en 2). Voor de meeste gewassen zijn er goede mogelijkheden voor ontwikkelingsrichting 3. Voor bestrijding van aardappelcysteaaltjes in de fabrieksaardappelteelt zou geen grondontsmetting meer nodig zijn. Gebruik van resistente tussengewassen en verstoring van host-finding van trichodoriden kan grondontsmetting in tulp en granulatengebruik in suikerbiet (op mariene zandgrond) overbodig maken. In en aantal gevallen (bijvoorbeeld in de sierteelt) zal ontwikkelingsrichting 3 alleen perspectieven hebben op (kunstmatig) substraat waar nemato-

den zich niet in thuis voelen. Deze nieuwe substraten bieden mogelijk ook gelegenheid voor systemen van recirculatie van nematociden te voorkoming van emissies.

### **4.5.3. Insecten**

#### **Problematiek**

De afhankelijkheid van insecticiden is in de meeste teelten nu nog vrij groot. Inzet van biologische bestrijding is in feite tot nu toe alleen een echt succes in groententeelt onder glas. In de meeste andere sectoren wordt reductie van insecticidegebruik gerealiseerd door geleide bestrijding (via bemonstering/signalering en schadedrempels) dan wel geïntegreerde bestrijding waarbij natuurlijke vijanden worden gespaard door gebruik van selectieve middelen. Met name de ecologische teelten in de vollegrond zijn afhankelijk van preventieve teeltmaatregelen, minder gevoelige rassen en versterking van de natuurlijke gewasweerstand. Bij geleide bestrijding wordt de afhankelijkheid van middelen eigenlijk niet verminderd.

Geïntegreerde bestrijding is geen panacee voor insectenbeheersing en vereist continue aanpassing door veranderende teeltomstandigheden en verandering in beschikbare middelen.

#### **Verkenning technologische oplossingen**

- Een High Tech benadering waarbij insectenaantastingen volledig automatisch worden gesignaleerd b.v. via feromonen, schadeverwachting wordt voorspeld op basis van computermodellen, en beslissingsondersteunende systemen worden gebruikt om een selectief bestrijdingsmiddel (biologisch of chemisch) zo gericht mogelijk toe te passen met emissiearme methoden. De praktijk tot nu toe heeft geleerd dat dergelijke systemen erg kennis- en onderhoudsintensief kunnen zijn en de afhankelijkheid in veel gevallen niet verminderen. Bij sommige teelten is technisch soms erg veel mogelijk. In de sierteelt zouden op deze manier reducties van 50% haalbaar kunnen zijn, zeker wanneer dit plaatsvindt in combinatie met biologische bestrijding. Ook toepassing van zaadcoating past in dit kader.
- Combinaties van geleide chemische en biologische bestrijding, signaalstoffen, en resistente rassen. Beheersing van plagen kan theoretisch door een uitgekiende manipulatie en verstoring van de vestiging, ontwikkeling, voortplanting en sterftetekans van insecten. Hoewel de successen met resistente rassen tegen insecten vooralsnog beperkt zijn, kunnen door het ophelderen van resistentiemechanismen en de daarbij betrokken genen, doorbraken verwacht worden, waarvan echter niet duidelijk is of ze een duurzaam karakter zullen hebben. Combinatie en afwisseling met stoffen die de communicatie verstoren en biologische bestrijding biedt wellicht meer perspectief. Het onderzoek m.b.t. stoffen die de communicatie beïnvloeden tussen nuttige en schadelijke insecten resp. die tussen plaaginsect en plant heeft de laatste jaren veel potentiële aangrijpingspunten opgeleverd voor nieuwe bestrijdingsperspectieven die echter in de praktijk hun toepasbaarheid nog moeten bewijzen. Het high tech-gehalte maakt dat dergelijke oplossingen vooral gericht zijn op intensieve teelten vanwege de kosten.

---

In de gesloten teelten zijn zeker nog ontwikkelingen mogelijk voor verdere reductie van insecticiden gebruik door een combinatie van (partieel) resistente rassen in combinatie met meerdere predatoren en parasieten (o.a. tegen trips en luis).

- **Ecologische teelten met maximale biologische weerstand**

Met name bij teelten in de vollegrond, lijkt het verhogen van de systeemweerstand tegen plaagontwikkeling een belangrijke strategie. Door een goed inzicht in de ecologie van natuurlijke vijanden van plaaginsecten, kunnen populaties van effectieve predatoren en parasieten beter worden gemanipuleerd via teeltmaatregelen en inrichting van het agro-ecosysteem. De functionele betekenis van diversificatie en de ecologische infrastructuur kan zeker nog worden versterkt. In combinatie met een hoge mate van veldresistentie van het gewas door rassenkeuze en diverse preventieve teeltmaatregelen moet de beheersing van plagen sterk kunnen worden verbeterd. De voorspelbaarheid van interacties tussen plagen en natuurlijke vijanden laat nu nog veel te wensen over.

Omdat veel preventieve maatregelen diverse ziekten, plagen en onkruiden, als ook de productie op een complexe manier beïnvloeden lijkt een geïntegreerde teeltbenadering en een multidisciplinaire systeemaanpak bij de verdere ontwikkeling van methoden absoluut noodzakelijk.

### **Relatie tot beheersen van andere ziekten, plagen en onkruiden**

Zie plantenvirussen.

### **Verschillen tussen de ontwikkelingsrichtingen**

Een belangrijk verschil tussen ontwikkelingsrichtingen 1 en 2 enerzijds en ontwikkelingsrichting 3 anderzijds is dat de kwaliteit van de producten bij ontwikkelingsrichting 3 mogelijk niet altijd zo hoog is als die van de eerste twee ontwikkelingsrichtingen (door insectenaantastingen).

### **Bijdrage aan vermindering emissies**

Met ontwikkelingsrichting 1 is het mogelijk tot een reductie van het gebruik van insecticiden te komen van 50 %. Door verbeterde toedieningstechnieken, bijvoorbeeld van systemische middelen via voedingsmedia die worden gerecirculeerd kunnen daarbij emissie verder beperkt worden. Emissies in dampvorm zouden daardoor kunnen worden voorkomen.

Met ontwikkelingsrichting 2 is een reductie van 70-90 % van het insecticiden gebruik mogelijk zonder enig kwaliteitsverlies.

#### 4.5.4. Plantenvirussen en bacteriën

##### **Problematiek**

Plantenvirussen en bacteriën kunnen niet effectief worden bestreden met chemische middelen, zoals bijvoorbeeld mogelijk is bij schimmels. De reden hiervoor is dat virussen voor hun vermeerdering gebruik maken van de replicerende systemen van de waardplant en dat bacteriën als ze eenmaal in de plant intercellulair of in de houtvaten voorkomen, daar niet goed bereikbaar meer zijn voor bactericiden. Bacteriën zijn zelf niet in staat een intact plantoppervlak te beschadigen, maar hebben als regel wel beschadigingen van het plantoppervlak nodig om binnen te dringen.

Voor het beperken van schade aan planten door virussen en bacteriën is men daarom volledig aangewezen op het voorkomen van besmettingen (behoeden). Dit betekent dat in een volkomen schone teelt moet worden voorkomen dat het gewas geïnfecteerd raakt. In een deels aangetast gewas moet worden voorkomen dat verspreiding optreedt. Voor virussen wordt dit laatste in het algemeen bereikt door de organismen die virussen verspreiden te bestrijden. Hoeveel virusvectoren men nog kan tolereren in een teelt is vaak niet eenvoudig vast te stellen, omdat daarop veel factoren, zoals bijv. efficiëntie van de verschillende vectoren voor overbrenging van het virus en al aanwezige besmetting met virus in het gewas, invloed hebben. De neiging bestaat daarom aan de veilige kant te gaan zitten, vooral als een bestrijding kan worden 'meegenomen' bij applicatie van andere gewasbeschermingsmiddelen. Verspreiding van bacteriën wordt in Nederland vooral veroorzaakt door regen en wind, cultuurmaatregelen zoals besproeiing van het gewas met besmet oppervlaktewater en via machines en de mens. Teneinde met een schone teelt te kunnen starten moet men detectiemethoden hebben waarmee het plantaardige uitgangsmateriaal maar ook het teeltsubstraat getoetst kunnen worden. Detectiemethoden kunnen alleen worden ontwikkeld als de biologische en de intrinsieke eigenschappen van het virus of de bacterie bekend zijn. Kennis van biologische eigenschappen van virussen en hun vectoren en van bacteriën is noodzakelijk om effectief de verspreiding van virussen en bacteriën tegen te kunnen gaan.

##### **Verkenning technologische oplossingen**

De traditionele methoden voor de detectie en diagnostiek van virussen en bacteriën zijn gebaseerd op expressie van intrinsieke eigenschappen. Voor virussen vindt detectie vooral via serologie en toetsplanten plaats en voor bacteriën via isolatiemediën en serologie. Voor een aantal belangrijke pathogenen biedt deze benadering geen goede oplossing omdat geen of onvoldoende detecteerbare expressie van specifieke eigenschappen plaats vindt.

Met betrekking tot de bepaling van de specifieke intrinsieke eigenschappen van virussen en bacteriën zijn de laatste tijd sterke hulpmiddelen verkregen in de moleculair-biologische technieken. Met grote snelheid worden basenvolgorde van genomen ontrafeld en beschreven. Hiermee kunnen uiterst gevoelige detectiemethoden worden ontwikkeld, bijv. op basis van amplificatie met PCR of NASBA en een daarop volgende gevoelige methode voor het

aantonen van de amplicons met bijvoorbeeld een Taqman<sup>®</sup>-systeem of met 'molecular beacons'. De genomische informatie en de detectiemethoden moeten echter gekoppeld kunnen worden aan een biologische entiteit en daarom is de biologische karakterisering van virussen en bacteriën even belangrijk als de moleculair-biologische karakterisering ervan. Voor ontwikkelingsrichtingen 2 en 3 is het noodzakelijk dat we voldoende plantaardig uitgangsmateriaal kunnen produceren dat nagenoeg virus- en bacterie-vrij is. Dat kan als voldoende aandacht wordt besteed aan het ontwikkelen van moderne uiterst gevoelige detectiemethoden. De al genoemde moleculair-biologische methoden bieden daarvoor mogelijkheden. Het grootste knelpunt daarbij ligt in de monstervoorbereiding. Om die geschikt te maken voor grote aantallen monsters zal er meer moeten worden samengewerkt met andere disciplines, zoals bijvoorbeeld analytische chemie, fysica, werktuigbouwkunde, elektronica en statistiek, voor het beschikbaar maken van analysemethoden en het ontwikkelen van de benodigde apparatuur waarmee de monsters met minimale kans op kruisbesmettingen kunnen worden verwerkt.

Resistentieveredeling tegen bacterieziekten is complex en zal maar beperkt aangepakt worden. Nieuwe systemen gebaseerd op biologische buffering van plantoppervlakken met antagonistische en/of de interne buffering van planten met endofytische bacteriën bieden mogelijkheden voor het afdoende reduceren van de infectiedruk van pathogene bacteriën. Het onderzoek zal zich richten op het ontwikkelen van systemen die robuust zijn en bedrijfszeker functioneren voor het produceren van een kwalitatief goed oogstproduct en zo schoon mogelijk vermeerderingsmateriaal. Hiervoor is strategische kennis noodzakelijk betreffende de biodiversiteit en de microbiële successie in de bacteriële buffersystemen en de invloed van cultuuromstandigheden op de ziekte-onderdrukkende werking ervan. Moderne moleculaire technieken als DGGE bieden goede mogelijkheden voor dit onderzoek.

### **Relatie tot beheersen van andere ziekten, plagen en onkruiden**

Virussen kunnen worden verspreid door insecten, aaltjes en zelfs bodemschimmels. Twee van de meest schadelijke families van plantenvirussen, de luteovirussen en de potyvirusen, die wereldwijd enorme schade veroorzaken, worden door bladluisvectoren overgedragen. Deze worden nu in sommige gevallen bestreden met grote hoeveelheden insecticiden. Een gedegen kennis van de relatie vector-virus-waardplant zal leiden tot de ontwikkeling van alternatieve methoden voor het tegengaan van verspreiding van de genoemde virussen. Het is mogelijk bladluizen te bestrijden met bladluisvirussen. Soortgelijke mogelijkheden moeten worden onderzocht voor virussen die door tripsen, mijten en aaltjes worden overgebracht. Ook daar kan een biologische bestrijding van de vectoren een grote reductie van bestrijdingsmiddelen tot gevolg hebben.

Onderzoek naar de populatiedynamiek van de pathogene bacterie in relatie tot het cultuursysteem is essentieel om maatregelen te kunnen treffen waardoor economische schade beperkt wordt. De relatie tussen bacteriën en andere schade-organismen die een infectiepoort voor de bacterie kunnen verschaffen of anderszins de bacterie kunnen stimuleren is nog



onvoldoende onderzocht. Bij de aardappelteelt blijken de machinale beschadiging van pootgoed en de beregening met oppervlaktewater belangrijke factoren te zijn in de epidemiologie van pathogene bacteriën als *Erwinia* sp. en de bruinrotbacterie.

Tevens kunnen bepaalde onkruidsoorten een rol spelen als tussengastheer in de verspreiding van virussen en bacteriën en dus in de aantasting van gewassen. Bij bruinrot is het onkruid bitterzoet een belangrijke factor gebleken voor de verspreiding en instandhouding van de bacterie via oppervlaktewater.

### **Verschillen tussen de ontwikkelingsrichtingen**

Virusziekten zelf kunnen niet chemisch worden bestreden. Alleen voor virussen die op een persistente wijze door bladluizen of andere vectoren worden overgebracht kan de uitbreiding van de ziekte effectief worden voorkomen door de vector te bestrijden. Virusvectoren zelf kunnen ook directe schade veroorzaken en die schade geeft in een aantal gevallen al reden om een bestrijding toe te passen. Zie daarom voor verschillen tussen de drie ontwikkelingsrichtingen met betrekking tot bestrijding van de vectoren, de cases nematoden en insecten. Voor bacterieziekten zijn ontwikkelingsrichtingen 1 en 2 niet van belang omdat er geen curatieve chemische bestrijding wordt toegepast. Ontwikkelingsrichting 3 biedt goede mogelijkheden voor het beheersbaar maken van nu nog economisch belangrijke bacterieproblemen zoals bruinrot. De aanpak voor bacteriën is gebaseerd op schoon uitgangsmateriaal en goede teeltmaatregelen, zo mogelijk aangevuld met biologische bestrijding.

### **Bijdrage aan vermindering emissies**

Het moge uit het bovenstaande duidelijk zijn dat op het terrein van de virus- en bacterieziekten geen grote reducties in emissies zijn te verwachten. Zie voor bestrijding van de vectoren de cases nematoden en insecten en voor die van tussengastheren de case onkruiden.

## **4.5.5. Onkruiden**

### **Problematiek**

Onkruiden vormen met name een probleem in de open teelten. Reducties in herbicidengebruik worden momenteel vooral gerealiseerd door (gedeeltelijke) vervanging van gangbare chemische bestrijding door mechanische bestrijding of door systemen met lagere doseringen van herbiciden. Er is echter weinig bekend over de risico's op de lange termijn bij een aanzienlijke reductie van het middelengebruik. Voorlopige resultaten geven de indruk dat bij overgang van grotendeels chemische bestrijding naar meer mechanische bestrijding er over de jaren een toename plaats vindt van onkruidpopulaties (Lotz *et al.*, 1993). Tevens is nog geen goede afweging gemaakt van wat voor het milieu beter is: chemische bestrijding met een bepaalde hoeveelheid werkzame stof of mechanische bestrijding met gebruik van brandstof. In de ecologische landbouw (te vergelijken met ontwikkelingsrichting 3 in deze deelstudie), blijken onkruiden alleen effectief te kunnen worden bestreden als de mechanische

---

onkruidbestrijding wordt aangevuld met een aanzienlijke hoeveelheid handmatig wieden (Vereijken *et al.*, 1994). Biologische onkruidbestrijding staat nog in de kinderschoenen. Met name de effectiviteit van mycoherbiciden (biologische bestrijding op basis van pathogene schimmels) onder ongunstige omstandigheden (=met lage luchtvochtigheid) is een probleem.

### **Verkenning technologische oplossingen**

Een verdere afname van het gebruik aan herbiciden kan bereikt worden door een sterkere nadruk, dan op dit moment gebeurt, te leggen op preventie (*behoeden*) van onkruidproblemen en door *beslismodules* en *bestrijdingsmethoden* te verbeteren.

#### *Behoeden:*

Gewasrotaties, eventueel over akkerbouw- en veeteeltbedrijven, kunnen zo opgesteld worden dat onkruidsoorten met een bepaalde levenscyclus niet meerdere jaren achter elkaar tot reproductie komen. Dit is niet alleen relevant voor remming van de opbouw van onkruidpopulaties, maar ook voor de afremming van resistentie van onkruiden voor herbiciden of voor mogelijke toekomstige alternatieve bestrijdingsmethoden. In deze rotaties passen ook valse zaaibedden (of andere mogelijkheden ter stimulering van fatale kieming), het voorkomen van kieming en vestiging van onkruiden door bodembedekkende materialen en tussen- of wintergewassen en het opnemen van enige jaren grasland in akkerbouwrotaties. Bij gebruik van tussengewassen blijkt dat er vaak concurrentie optreedt met het gewas.

Met nog te ontwikkelen gentechnologie zouden bodembedekkende gewassen kunnen worden ontwikkeld die na een bepaald signaal (bijvoorbeeld een flits met UV-licht) afsterven (op basis van apoptosis). Hierdoor zou op het moment dat het gewas schade gaat ondervinden van de bodembedekker, deze laatste zonder milieubezwaren kunnen worden uitgeschakeld.

Rassen binnen een gewas kunnen sterk verschillen in het onkruidonderdrukkend vermogen. Hierop is tot nog toe nauwelijks veredeld, terwijl uit onderzoek in suikerbieten blijkt dat er toch goede mogelijkheden hiervoor zijn. Ook hier zou met nog niet beschikbare gentechnologie de relatieve concurrentiepositie van het gewas ten opzichte van onkruiden sterk verbeterd kunnen worden, bijvoorbeeld door inbouw van het vermogen om stikstof te binden in gewassen die dat niet kunnen (zoals granen). Deze gewassen kunnen dan bij een lagere stikstofgift worden verbouwd waarbij onkruiden minder kansen krijgen om te concurreren en te reproducen. Tenslotte zijn er nog tal van fytosanitaire maatregelen denkbaar om de vestiging van onkruiden afkomstig van elders te voorkomen, bijvoorbeeld door gericht beheer van perceelsranden ter voorkoming van het "inlopen" van meerjarige onkruiden.

#### *Beslissen:*

Aangezien er bij onkruiden een zeer sterke relatie is tussen dichtheden over jaren, zijn vooral strategische beslissingen relevant (dus bestrijding ter voorkoming van populatie-opbouw). Hiervoor zijn modellen beschikbaar voor de populatiedynamica van onkruiden. Deze modellen dienen echter nog sterk verbeterd te worden en de benodigde onkruidparameters zijn

vaak nog niet op gemakkelijke wijze in het veld te bepalen. Binnen de strategische beslissingen zijn ook tactische en operationele beslissingen noodzakelijk (waar, wanneer en hoe bestrijden?). Onkruiden komen vaak pleksgewijs voor, waardoor goede mogelijkheden zijn voor precisielandbouw. Daartoe dient beslist te worden wáár wordt bestreden. Dit vereist goede detectie van (haarden van) onkruiden en plaatsbepaling binnen een perceel (GPS). Detectiemethoden die goed onderscheid kunnen maken tussen gewas en onkruiden, ontbreken tot nog toe. Indien deze ontwikkeld kunnen worden is er een doorbraak ten aanzien van precisie-bestrijding mogelijk.

### *Bestrijden:*

Gebruikmakend van de beslissingsmodules is het van belang zoveel mogelijk pleksgewijs, alleen daar waar het noodzakelijk is, te bestrijden.

In principe kan chemische bestrijding met een veel hogere efficiëntie gebeuren, dus met toediening van veel minder werkzame stof dan nu gebeurt (ontwikkelingsrichting 1). De volgende benaderingen zijn daarbij mogelijk:

1. Toedienen van lage doseringen die juist voldoende zijn om onkruiden van een bepaald ontwikkelingsstadium te doden. Recent is daartoe een methode ontwikkeld waarin, op grond van de ontwikkeling van het onkruid en enkele fysiologische parameters een minimum letale dosering wordt vastgesteld voor herbiciden die de fotosynthese remmen (Ketel, 1996). De werking van herbiciden is vaak sterk afhankelijk van de weersomstandigheden. Doseringen dienen daarop ook te worden afgestemd. De vereiste kennis hiervoor is nog maar voor een gering deel beschikbaar.
2. Verbetering van formulering van herbiciden, zodanig dat er een betere opname en werking plaatsvindt. Door een goede wisselwerking met fysisch en chemisch onderzoek zijn hier in de toekomst waarschijnlijk grote verbeteringen mogelijk.
3. Vermindering van emissies door verbeterde toedieningstechnieken en snelle afbraak tot onschadelijke metabolieten.
4. Het verder ontwikkelen van transgene gewassen die resistent zijn voor breed-werkende herbiciden die relatief weinig milieubelastend zijn. Het gebruik van deze middelen zal echter niet zonder meer een aanmerkelijke reductie van het gebruik van chemische middelen betekenen (Bijman en Lotz, 1996). Wel is het mogelijk dat er productiesystemen worden ontwikkeld die gebaseerd zijn op niet-chemische bestrijding, maar waar deze breed-werkende middelen als een vangnet worden gehanteerd om problemen van tegenvallende bestrijding op te lossen (ontwikkelingsrichting 2). Op voorwaarde dat dit goed gehanteerd wordt is op deze wijze vermindering van het herbicidengebruik mogelijk.

De meeste reductie in gebruik van herbiciden zal bereikt worden door vervanging van chemische door mechanische bestrijding, inclusief thermisch, fysisch (ontwikkelingsrichtingen 2 en 3). In principe is onkruid op deze wijze volledig te bestrijden. Problemen zijn er met name ten aanzien van kosten en inpasbaarheid op het bedrijf. Oplossen van deze problemen vraagt

---

voor sommige teelten of teeltcombinaties technologische mogelijkheden die deels momenteel nog niet beschikbaar zijn.

Voor biologisch bestrijding met behulp van mycoherbiciden en herbiciden op basis van bacteriën zijn op termijn goede mogelijkheden. Daarbij moet in eerste instantie vooral worden gedacht als aanvulling in het bestrijdingspakket voor onkruidsoorten die door mechanische methoden, of bovengenoemde chemische methoden, minder goed zijn te bestrijden. Met name zijn er verbeteringen mogelijk van de formulering van mycoherbiciden om de werking minder afhankelijk te maken van weersomstandigheden. Hiervoor dient kennis ontwikkeld te worden, die slechts gedeeltelijk aansluit bij de kennis ter verbetering van de formulering van herbiciden.

Tenslotte verdient de loofdoding van aardappelen nog een opmerking omdat daar op dit moment ook herbiciden voor worden gebruikt. Hiervoor zijn mechanische en thermische alternatieven. Vooral het loofbranden kost momenteel veel energie. Ook hier zou met geprogrammeerde celdood (apoptosis) in de toekomst een belangrijk voordeel zijn te behalen. Evenals bij bovengenoemde bodembedekkende gewassen is de hiervoor benodigde kennis nog niet beschikbaar.

### **Relatie tot beheersen van andere ziekten, plagen en onkruiden**

In die gevallen waarbij een beter vermogen van het gewas om onkruiden te onderdrukken gepaard gaat met een hogere loofdichtheid, is het mogelijk dat er voor pathogene schimmels betere condities ontstaan om zich te vermeerderen.

Mechanische bestrijding kan beschadiging van gewasplanten veroorzaken waardoor het gewas mogelijk meer gevoelig wordt voor infecties van bacteriën en schimmels, of het kan virussen verspreiden.

Onkruiden kunnen waardplant zijn voor belangrijke pathogenen (voorbeeld bitterzoet voor bruinrot), maar ook voor predatoren van pathogenen. Over effecten van onkruiden op de populatiedynamica van ziekten en plagen is nog relatief weinig bekend.

### **Verschillen tussen de ontwikkelingsrichtingen**

Bij het hanteren van het kader van de drie B's is in principe elke genoemde innovatie van belang voor de ontwikkelingsrichtingen 1 en 2. Voor ontwikkelingsrichting 3 zijn uiteraard de mogelijkheden om de efficiëntie van chemische bestrijding te verbeteren niet relevant.

Er is een trendbreuk nodig om in alle teelten bij huidige typen van bedrijfsvoering onkruiden voldoende niet-chemisch te kunnen bestrijden zonder hoogoplopende kosten. Naast het zoeken naar mogelijkheden van zo'n trendbreuk, is voor ontwikkelingsrichting 3 cruciaal om de bedrijfsvoering zó in te vullen dat behoeven veel nadruk krijgt. Dit kan betekenen dat sommige teelten in bepaalde bedrijfssystemen niet meer mogelijk zijn zonder innovaties (bijvoorbeeld ten aanzien van bodembedekkers of bodembedekkende materialen) of verruiming van de rotaties door enige jaren grasland op te nemen.

## **Bijdrage aan vermindering emissies**

Met ontwikkelingsrichting 1 is het mogelijk om het gebruik van chemische middelen met 70 % te beperken van het huidige gebruik. Indien bestreden moet worden (op grond van een besliscingscriterium) geven de genoemde methoden om doseringen van herbiciden te verlagen zonder toename van risico op niet meer te bestrijden onkruiden daartoe goede mogelijkheden (naar schatting een reductie van 50%). Het overige deel van de reductie is te bereiken door mogelijkheden van pleksgewijze bestrijding in het kader van precisielandbouw. Met ontwikkelingsrichting 2 moet het mogelijk worden om de totale reductie in gebruik verder op te voeren tot 90 %. Het terugdringen van emissie met gelijkblijvend gebruik is maar zeer beperkt mogelijk, gezien het feit dat onkruidbestrijding voornamelijk in open teelten plaatsvindt. Bij verbetering van de toedieningstechniek en het gebruik van herbiciden die zeer snel afbreken in onschadelijke componenten is hier misschien wat te bereiken.

Een toename van mechanische onkruidbestrijding zal resulteren in een hoger energiegebruik (tractorbrandstof). Er bestaat, zover wij weten, nog geen concept voor een "milieurendementstoets" om een afweging te maken tussen gebruik van een bepaalde werkzame stof en energie.

## **4.6. Bijdrage aan bereiken milieudoelen**

Op basis van een goede invulling van het kader van *behoeden*, *beslissen* en *bestrijden* is voor de bescherming van gewassen tegen pathogene schimmels, parasitaire nematoden, insecten en onkruiden een reductie van het gebruik aan biociden mogelijk in de orde 50-90%. Uit de voorbeelden blijkt dat ten aanzien van de bestrijding van virussen geen sterke bijdrage aan het bereiken van milieudoelen te verwachten is. Anders is dat voor de bestrijding van pathogene schimmels en onkruiden.

## **4.7. Implicaties voor gewasbescherming in plantaardige productiesystemen**

Uit de vijf cases blijkt dat er twee mogelijkheden zijn om tot grote beperking van emissies van chemische bestrijdingsmiddelen te komen. De eerste is *intensivering* en *conditionering* op zodanige wijze dat zowel het behoeden (preventie) als bestrijden zeer effectief kan worden uitgevoerd. Voorbeeld hiervan is het telen van vermeerderingsmateriaal onder geïsoleerde omstandigheden ('plant factories'). Als er daarbij werkelijk sprake is van gesloten systemen worden er ook mogelijkheden geboden om de chemische bestrijdingsmiddelen die worden gebruikt, volledig op te vangen en zo mogelijk te recirculeren waardoor emissies verder worden beperkt. Rekening moet worden gehouden met de waarschijnlijkheid dat in deze

intensieve teeltsystemen zich (vroeg of laat) nieuwe problemen met gewasbelagers voordoen, waardoor voortdurend innovatie nodig zal zijn om blijvend aan de milieudoelen te voldoen. De tweede mogelijkheid is *extensivering* in ruimte en tijd. Deze richting is relevant voor ontwikkelingsrichting 2 en met name voor ontwikkelingsrichting 3. Belangrijk is te constateren dat de teelt van vermeerderingsmateriaal onder ontwikkelingsrichting 3 alleen perspectieven heeft bij een ruimtelijke scheiding met normale productieteelten (eventueel door verplaatsing naar het buitenland).

Voor veel technologische oplossingen is gebleken dat zij voor alle drie de ontwikkelingsrichtingen relevant zijn. Dit geldt met name voor technologie die past binnen het kader van precisie-landbouw.

#### **4.8. Prioritaire thema's voor onderzoek**

Uit voorgaande paragrafen wordt afgeleid dat er drie thema's van onderzoek noodzakelijk zijn voor de ontwikkeling van systemen voor duurzame gewasbescherming gebaseerd op de aspecten *behoeden*, *beslissen* en *bestrijden*. Onderzoek aan deze thema's, met daarbinnen de hieronder aangegeven onderwerpen, is vereist om de beschreven reducties in gebruik en emissie van chemische gewasbeschermingsmiddelen te bereiken en tevens effectief in te kunnen spelen op te verwachten nieuwe problemen met gewasbelagers. Het onderzoek beschreven in deze thema's is van belang voor alle drie ontwikkelingsrichtingen, met uitzondering uiteraard van het onderzoek ter verbetering van de effectiviteit en beperking emissie van chemische bestrijdingsmiddelen.

Van het onderzoek in thema 1, **Ecologische onderbouwing van systemen voor duurzame gewasbescherming**, wordt verwacht dat dit het meest zal bijdragen aan reductie van gebruik en emissie van bestrijdingsmiddelen. De onderwerpen die onder dit thema worden genoemd dienen een centrale rol te spelen in de ontwikkeling van toekomstige systemen volgens ontwikkelingsrichtingen 2 en 3 en zijn ook relevant voor ontwikkelingsrichting 1.

Van het onderzoek in thema 2, **Innovatie in duurzame gewasbescherming door technologische ontwikkeling**, wordt verwacht dat het in de toekomst meer dan nu een rol zal spelen in het bereiken van reducties in gebruik en emissie van bestrijdingsmiddelen. Deze rol zal echter, gezien de dynamiek die inherent is aan de problematiek van gewasbelagers (zie inleiding), voor een deel ondergeschikt zijn aan die van het onderzoek in thema 1.

Het onderzoek ten behoeve van thema 3, **Analyse van risico's ten aanzien van milieu en teelt/bedrijfsvoering**, kan ter aanvulling van het onderzoek in de eerste twee thema's een rol spelen. Daar waar het risico's van schade door onvoldoende bestrijdingseffecten betreft is dit met name relevant voor ontwikkelingsrichting 3 (geen vangnet met chemische bestrijding). Op dit moment is het echter moeilijk in te schatten hoe groot de rol van thema 3 zal zijn.

## **Thema 1. Ecologische onderbouw van systemen voor duurzame gewasbescherming**

Voor de ontwikkeling van systemen voor duurzame gewasbescherming is het noodzakelijk teelt en bedrijfssystemen anders in te richten. Hiervoor is kennis vereist van ecologische processen (levenscyclus, populatiestructuur en -dynamica, en waar van toepassing gedrag) met betrekking tot gewasbelagers, hun vectoren, predatoren, parasieten, symbionten en antagonisten en met hun interacties met het gewas. Met name zijn er grote mogelijkheden als meer kennis over de communicatie tussen gewas, belagers en antagonisten/predatoren (m.a.w. hoe vinden gewasbelager en plant of gewasbelager en predator elkaar?) verkregen wordt. Hierdoor komen naar verwachting ook nieuwe interessante biologische bestrijdingsmethodieken beschikbaar.

Deze ecologische kennis dient in modellen geïntegreerd te worden met gewasecologische kennis voor de inrichting van toekomstige teelt- en bedrijfssystemen. Hierbij staat centraal de onderdrukking van gewasbelagers, o.a. op basis van de gewasrotatie. Door deze kennis-integratie wordt het mogelijk nieuwe systemen in te richten op basis van vergaande intensivering van teelten (van open naar gesloten teelten) of juist extensivering en uitruilen van teelten tussen sectoren (regionalisering) en te komen tot een optimale benutting van de mogelijkheden van precisielandbouw. Hiertoe dienen ook modellen te worden opgesteld ten behoeve van beslismodules die passen in systeembenaderingen (strategische keuzes). De expertise voor dit onderzoek is beschikbaar, al moet geconstateerd worden dat momenteel bepaalde vereiste teeltkundige expertise aan het verdwijnen is. Meer dan voorheen moet aandacht besteed worden aan multidisciplinaire aspecten.

## **Thema 2. Innovatie in duurzame gewasbescherming door technologische ontwikkeling**

Dit thema is gericht op technologische innovatie die nodig is om gewasbelagers te bestrijden met zo min mogelijk gebruik en emissie van biociden. Biotechnologie biedt daartoe mogelijkheden ten behoeve van zowel behoeden (ziekte-resistenties, onkruidonderdrukkend vermogen, apoptosis) als bestrijden (o.a. herbicide-resistentie, biologische bestrijding).

Technologische innovatie dient ook benut te worden voor de verbetering van detectietechnieken. Het gaat hierbij om zowel biologische als chemische, fysische, technische en statistische expertise die weliswaar grotendeels beschikbaar is, maar beter dan nu aan elkaar gekoppeld moet worden.

Veel aandacht moet worden geschonken aan de verhoging van efficiëntie van chemische en biologische bestrijding en het gebruik maken van synergisme van verschillende bestrijdingsmaatregelen. Efficiënt synergisme tussen chemische en biologische bestrijdingsmethodieken zal naar verwachting nieuwe mogelijkheden scheppen waarbij nadelen van beide methodieken (negatieve milieu-effecten en resistentie-ontwikkeling voor chemische bestrijding en beperkte effectiviteit van biologische middelen) door het gezamenlijk gebruik ondervangen worden. Voorts zal dit ook inpassing van biologische middelen in grootschalige productie en

---

vermarking door de agrochemische industrie vergemakkelijken. Een verdere ontwikkeling van biologische bestrijding dient eveneens te worden bereikt door vermindering van de weersafhankelijkheid (o.a. door formuleringsonderzoek) en verlaging van de productiekosten. Met name de vermindering van de weersafhankelijkheid vereist waarschijnlijk expertise die momenteel nog in te geringe mate beschikbaar is.

Om optimaal van bestaande en nieuwe bestrijdingstechnologie te kunnen profiteren dienen technieken te worden ontwikkeld die het concept van precisie-landbouw verder uitbuiten (combinatie van detectie, GPS en toedieningstechniek). Daarbij hoort ook de vermindering van emissie door recirculatie van biociden (gesloten teelten).

### **Thema 3. Analyse van risico's ten aanzien van milieu en teelt/bedrijfsvoering**

De ontwikkeling van nieuwe systemen voor gewasbescherming vereist analyses van verschillende soorten risico's ten aanzien van milieu en teelt en bedrijfsvoering. Hiervoor is behoefte aan criteria en normen om milieu-effecten te wegen (met inbegrip van energie vs. werkzame stof). Daarbij dienen ecotoxicologische risico's te worden bepaald op basis van verstoringen van het functioneren van ecosystemen (voedselketenrelaties), en niet zoals nu veelal gebeurt op basis van een enkel organisme. De hiervoor benodigde ecologische expertise is maar ten dele beschikbaar. Het gaat hierbij om onderzoek dat zeer veel tijd vraagt.

Daarnaast dient onderzocht te worden of het mogelijk is om verhoogde risico's op tegenvallende bestrijding bij gebruik van minder biociden te verzekeren. Hiervoor zijn risicoanalyses nodig waarvoor de expertise in de assurantie-wereld en gewasbescherming waarschijnlijk aanwezig is. Ook hier is onderzoek naar lange-termijn effecten belangrijk.

Om de kans te vergroten dat tijdig nieuwe problemen met gewasbelagers worden gesignaleerd die ontstaan doordat andere problemen zijn opgelost (zie inleiding), verdient het aanbeveling bovengenoemd onderzoek zoveel mogelijk te relateren aan een praktijkcontext. Dit vereist onderzoek dat nauw gerelateerd is aan praktijkbedrijven en de R&D afdelingen van agrochemische industrie die gericht zijn op fytofarmaca en (transgene) ziekte-resistenties (dus samen met telers en producenten). Deze nauwe koppeling is uiteraard ook zeer belangrijk om de overdracht van het meer fundamenteel-strategisch onderzoek naar de praktijk efficiënter te laten verlopen.