

Resistentiemanagement

een overzicht

Alle sectoren (DSK) / tab.nr. 6 / reeksnr. 7 / 1999

2e druk, 1999

Kerngroep MJP-G, Ede



Colofon

Eerste druk juli 1994
Tweede druk januari 1999
Oplage: 500 exemplaren

Samenstelling: L. den Boer (IKC-MJPG) en A. van Gernerden (IKC-MKT)
Redactie en lay-out: Limago Tekst & Vorm (Elmer Dinkelaar)

Druk: Veenman drukkers, Ede
Lithografie: TCC Electronic Publishing, Maastricht

Naar gewasbescherming met toekomst

Deze brochure is een uitgave van de voorlichtingscampagne 'Naar gewasbescherming met toekomst'. Deze campagne geeft u informatie over de mogelijkheden om met minder gewasbeschermingsmiddelen een goed en rendabel gewas te telen. U kunt de brochures met informatie, tips en adviezen herkennen aan ons logo met de pijl en de tekst 'Naar gewasbescherming met toekomst'. Voor meer informatie over de campagne en de campagne-brochures kunt u schrijven of bellen naar de Kerngroep Meerjarenplan Gewasbescherming (MJP-G), Postbus 303, 6710 BH EDE, tel. 0318-671513.

Deze brochure kunt u kosteloos (f 7,50 portokosten) aanvragen bij:
Kerngroep MJP-G
Postbus 303
6710 BH EDE
Vermeld bij uw bestelling de titel van de brochure en de bestelcode: (DSK 26).

© 1999, Kerngroep MJP-G
Galvanistraat 7
Postbus 303, 6710 BH Ede
Telefoon: 0318-671513
Telefax: 0318-624737

De Kerngroep MJP-G en LTO-Nederland stellen zich niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke wijze dan ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de samenstellers en realisators.

Deze brochure is geheel gedrukt op niet-chloorgebleekt papier.



Inhoud

Voorwoord		VII
Inleiding		IX
Hoofdstuk 1. Waar komt resistentie vandaan	pag.	1
1.1 Resistentiemechanismen	pag.	2
1.2 Van gevoelig naar resistent	pag.	3
1.3 De populatiedynamiek	pag.	5
1.4 De erfelijkheidsfactor	pag.	6
1.5 Het bestrijdingsmiddel	pag.	7
1.6 De manier van toepassen	pag.	7
1.7 Het teeltsysteem	pag.	8
Hoofdstuk 2. Wat is resistentiemanagement	pag.	9
2.1 Het uitgangspunt voor resistentiemanagement	pag.	9
2.2 De strategie in hoofdlijnen	pag.	10
Hoofdstuk 3. Een optimale strategie voor resistentiemanagement	pag.	13
3.1 De kans op resistentie	pag.	13
3.2 Wanneer moet de teler uitkijken	pag.	16
3.3 Hoe ontwikkel je een optimale strategie	pag.	19
Hoofdstuk 4. En als er resistentie opduikt, wat dan?	pag.	21
Hoofdstuk 5. Hoe vertelt u het de teler	pag.	25
5.1 Wat maakt de voorlichting zo moeilijk	pag.	25
5.2 Mogelijkheden voor voorlichting	pag.	26
Bijlage 1. De rol van de verschillende belanghebbenden		
Bijlage 2. Begrippenlijst		
Bijlage 3a. Indeling bestrijdingsmiddelen in chemische groepen		
3b. Indeling bestrijdingsmiddelen in resistentiegroepen		



Voorwoord

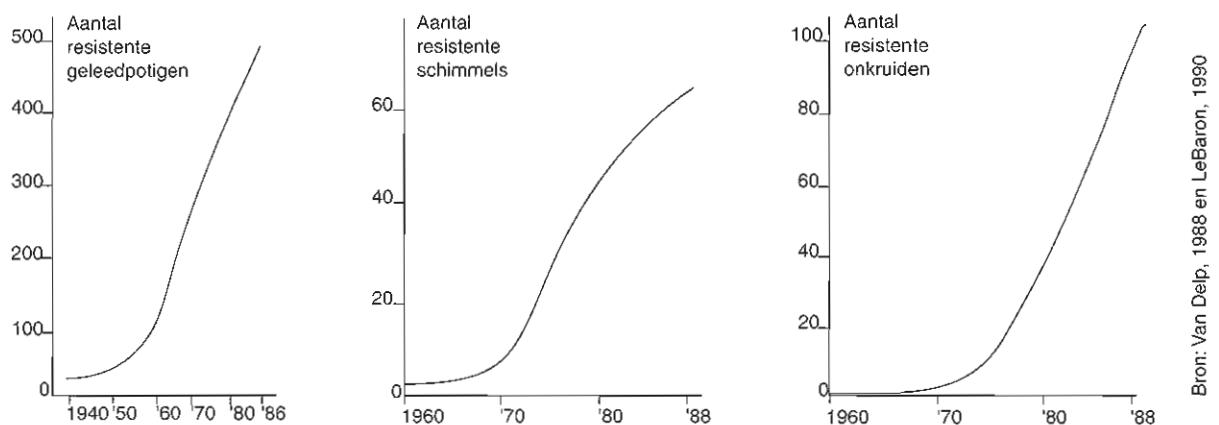
Het ziet er naar uit dat resistentie in tal van sectoren de komende jaren een groeiend probleem zal opleveren. Nu al is het pakket beschikbare middelen in een aantal teelten zeer beperkt en vormt een eventuele resistentie een ernstige bedreiging voor de telers. Telers die ooit met resistentie te maken hebben gehad, blijken heel beducht te zijn voor een herhaling en hebben duidelijk behoefte aan goede informatie (én maatregelen) op dit gebied. Ook bij de voorlichting, handel en industrie bestaat er een vraag naar informatie over resistentie om de telers bij te kunnen staan. Die vraag heeft geresulteerd in deze brochure.

Met de informatie uit deze brochure krijgt u een goed inzicht in de problematiek van resistentie en wat telers kunnen doen om deze te voorkomen.



Inleiding

De toepassing van chemische bestrijdingsmiddelen voor landbouwkundig en veterinaire gebruik nam na de Tweede Wereldoorlog enorm toe. Dat heeft gunstige gevolgen gehad, maar het leidde ook tot het optreden van resistentie in allerlei organismen en tot het benadelen van een aantal natuurlijke vijanden. Onderzoekers stelden al in 1914 resistentie vast bij insecten. Maar daarna bleken ook schimmels en onkruiden over mechanismen te beschikken die de werking van sommige bestrijdingsmiddelen konden neutraliseren. Vooral de laatste twee decennia is het aantal resistente soorten zeer snel toegenomen. De figuur op deze pagina laat dat zien.



De kans dat een teler de komende jaren met resistentie te maken krijgt, neemt dan ook toe. Vooral in de poot-aardappelteelt, de fruitteelt en de glastuinbouw is die kans groot.

In sommige gevallen vindt de gebruiker een oplossing door bijvoorbeeld een niet-verwant ander bestrijdingsmiddel te kiezen, maar zo'n relatief makkelijke oplossing is niet in alle gevallen voorhanden. In diverse teelten kan de teler namelijk slechts beschikken over een paar middelen. Wanneer daarvan door resistentie een of meerdere uitvallen, zit hij met grote problemen. In bepaalde teelten is dat al bijna de werkelijkheid. Het voorkomen van resistentie is dan ook van groot belang, zowel voor zo'n sector als voor de individuele teler.

Deze brochure beschrijft wat resistentie eigenlijk is en wat voor wapens de teler ertegen heeft. Ook komen de voorlichtingsproblemen rond resistentie aan bod. Het accent ligt op de individuele teler. De rol van andere betrokkenen (zoals overheid en industrie) komt behalve in een bijlage niet ter sprake.

De brochure volgt de volgende indeling.

Hoofdstuk 1 laat zien waardoor resistentie de kans krijgt zich te ontwikkelen.

Hoofdstuk 2 behandelt wat de teler in grote lijnen kan doen in de strijd tegen resistentie.

Hoofdstuk 3 gaat meer in detail in op wat de teler kan doen om resistentie te voorkomen.

Hoofdstuk 4 geeft aan wat hij voor mogelijkheden heeft wanneer hij met resistentie te maken krijgt.

Deze vier hoofdstukken dragen bij aan de kennis over resistentie.

Hoofdstuk 5 bekijkt de problemen waarop voorlichters en adviseurs kunnen stuiten wanneer zij proberen deze kennis aan de teler over te dragen en doet enkele aanbevelingen voor de voorlichting/advisering.

De bijlagen tot slot behandelen de rol van overheid, industrie en handel, bevatten een lijst van de belangrijkste begrippen en een overzicht van de bestrijdingsmiddelen en de resistentiegroepen.



Hoofdstuk 1. Waar komt resistentie vandaan

Resistentie ontstaat niet ineens uit het niets. Alleen kan de teler het proces dat uiteindelijk tot een ongevoelige ziekte of plaag leidt, vaak niet zien. Dit hoofdstuk laat zien wat resistentie is en welke omstandigheden haar ontstaan vooral beïnvloeden.

Jarenlang werkte het prima, maar nu lijkt het wel of het beproefde bestrijdingsmiddel het laat afweten, en dat op het voor de teler meest ongunstige moment, namelijk net wanneer een ziekte of plaag dreigt op te rukken. Waarom? Wat is er aan de hand? De oorzaken kunnen op elk terrein liggen, maar de laatste jaren zijn de kansen gestegen dat de ondernemer met resistentie te maken heeft: de aantaster blijkt ongevoelig te zijn voor het middel dat de teler gebruikt. Dat betekent problemen waarvoor niet een twee drie een oplossing bestaat. Ongetwijfeld zal dan ook de vraag opkomen: hoe kon het zo uit de hand lopen. Dit hoofdstuk probeert daarop een antwoord te geven.

Resistentie ontstaat niet zo onverwacht als de ongelukkige gebruiker op dat moment misschien denkt.

Een populatie ziekteverwekkers, plaagorganismen of onkruiden bestaat nooit uit genetisch exact gelijke exemplaren: het ene individu verschilt genetisch van het andere en dat maakt het ook (on)gevoeliger voor een gebruikt bestrijdingsmiddel dan zijn soortgenoot. Wanneer de teler een goed middel gekozen heeft, betekent dat alleen dat in zo'n populatie *de overgrote meerderheid* van de individuen het loodje legt tegen dat middel. Bij toelating van een nieuw bestrijdingsmiddel tegen een bepaalde aantaster in een gewas zullen zelfs vrijwel alle individuen gevoelig zijn voor dat middel. Maar er zitten ook altijd één of enkele individuen tussen waarop het middel geen effect heeft. Ze vormen binnen de populatie een resistente kern tegen dat middel.

Er zit dus vrijwel altijd al resistentie in een populatie. Anders gezegd, de populatie herbergt individuen die de capaciteit hebben om de voor hen schadelijke invloed van een bestrijdingsmiddel te neutraliseren. Door hun kleine aantal merkt de teler hier echter gelukkig niets van.

In het spraakgebruik maken we ons echter niet druk om die paar resistente individuen: we spreken pas van resistentie als een groot deel van een populatie ongevoelig is voor een middel. De resistentie is specifiek voor een bepaalde combinatie van aantaster, middel en gewas. In de praktijk merkt de teler dat doordat tal van individuen gewoon de bespuiting overleven: het middel 'werkt minder goed'.

Het begrip 'aantaster' wordt in deze brochure gebruikt in de betekenis van: soort ziekteverwekker, plaag of onkruid. De term verwijst dus naar soorten, niet naar individuen.



1.1 Resistentie- mechanismen

De ongevoeligheid van een organisme voor een bepaald bestrijdingsmiddel ligt vast in één of meerdere (gemuteerde) genen van dat organisme. Die zogenoemde Resistentie-genen bewerkstelligen veranderingen in de fysiologie of in het gedrag van de aantaster. Hierdoor kan de aantaster de werking van een bestrijdingsmiddel op verschillende manieren te niet doen. De belangrijkste van deze 'resistentiemechanismen' staan hieronder.

De ontgiftig (detoxificatie) vindt sneller en doeltreffender plaats.

Het resistente organisme breekt de werkzame stof af in minder of zelfs niet-giftige componenten en scheidt die uit. Dit is waarschijnlijk het meest voorkomende resistentiemechanisme bij insecten en mijten. Het blijkt ook bruikbaar tegen stoffen uit verschillende chemische groepen, zodat insecten vaak een brede resistentie vertonen.

Er is iets veranderd op de plaats van werking (het aangrijpingspunt).

Bestrijdingsmiddelen hebben een bepaalde chemische structuur en vorm en passen precies op de plek waar ze hun werking hebben. Bij de resistente aantaster is de structuur en vorm van die bindingplaats veranderd. Het middel past niet meer op die plek en werkt daardoor ook niet meer. Dit mechanisme komt veel voor bij schimmels en onkruiden, maar wat minder vaak bij insecten. Het veroorzaakt in het algemeen een sterke resistentie. Het heeft echter geen invloed op het ontstaan van resistentie tegen een middel uit andere chemische werkingsgroepen zoals bij de ontgiftig.

De aantaster neemt minder middel op (verlaagde penetratie).

Het bestrijdingsmiddel moet eerst het doelorganisme binnendringen voordat het zijn werk kan doen. Als er minder middel binnendringt, neemt de werking af. Dit bij insecten voorkomende mechanisme leidt door-

gaans tot een zwakke resistentie. Wel is het bruikbaar tegen verschillende chemische groepen.

De aantaster past zijn gedrag aan (gedragsresistentie).

Dit doet zich voor bij aantasters die kunnen waarnemen, zoals insecten en mijten. Onderzoekers ontdekten dit recentelijk bij spintmijten. Resistente mijten blijken in staat om residuen van schadelijke middelen waar te nemen en te vermijden. Ze lopen eenvoudig om de behandelde delen van het blad heen. Het mechanisme kan verschillende chemische groepen treffen.

De aantaster scheidt het middel uit of slaat het op.

Het resistente organisme scheidt het middel uit of slaat het op in vacuoles, waardoor het zijn werking verliest. Het betekent vaak niet dat het middel helemaal niet meer werkt.

Het middel wordt minder geactiveerd.

Sommige middelen worden door de aantaster zelf omgezet in actieve stof. Soms vermindert deze 'activering' of stopt ze zelfs helemaal. De werking van het middel daalt dan evenredig. Dit komt niet zo vaak voor, maar bij schimmels zijn er enkele voorbeelden van bekend.





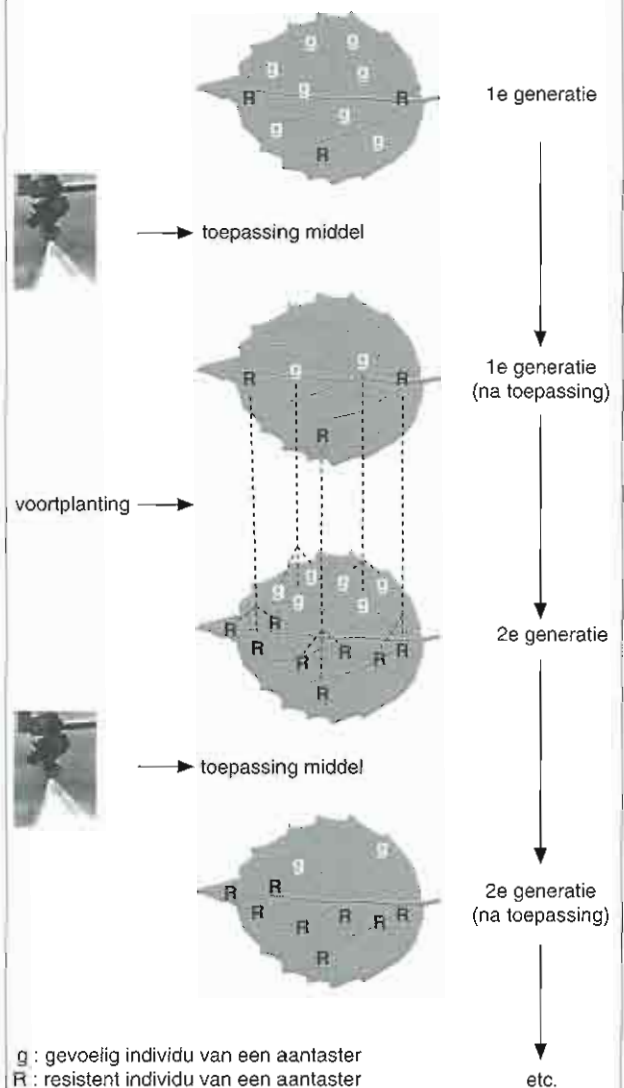
1.2 Van gevoelig naar resistent

Een gevoelige populatie verandert uiteraard niet van de ene op de andere dag in een resistente. Het proces verloopt geleidelijk en heel wat factoren hebben er invloed op. De snelheid waarmee een populatie resistentie ontwikkelt, heeft vooral met drie hoofdfactoren te maken:

- de **voortplantingscapaciteit** van de aantaster. Hoe sneller een aantaster zich voortplant, hoe sneller opduikende resistentie zichtbaar wordt;
- de **kans dat resistente individuen aanwezig zijn**. Hoe meer kans hierop, hoe ongunstiger de uitgangssituatie;
- de **selectiedruk**. Dit is een sleutelbegrip. Een bestrijdingsmiddel oefent een selectie uit op een populatie: de ongevoelige exemplaren overleven en kunnen zich voortplanten, terwijl de gevoelige door het middel gedood worden. Blijft deze situatie langere tijd bestaan, dan beginnen de ongevoelige individuen de overhand te krijgen. Anders gezegd, wanneer een teler steeds hetzelfde of een verwant bestrijdingsmiddel toepast, kan de resistente kern in een populatie gaan groeien. De term selectiedruk geeft aan hoe sterk de ongevoelige individuen bij een behandeling in het voordeel zijn, met andere woorden hoe de aantallen gevoelige en ongevoelige individuen zich na een toepassing in verhouding tot elkaar wijzigen. Wanneer er maar weinig gevoelige individuen aan een bespuiting weten te ontkomen, is de selectiedruk hoog. Daardoor verandert de getalsverhouding tussen resistente en gevoelige exemplaren in snel tempo en een eventuele resistentie kan zich snel ontwikkelen.

Het voorkómen van een te hoge selectiedruk vormt voor een teler de belangrijkste manier om resistentie te voorkomen. Hij heeft daar een aantal mogelijkheden voor in de vorm van zijn middelenkeuze, de toepassingswijze en zijn teeltsysteem (deze komen in de hoofdstukken 3 en 4 uitgebreid aan de orde). Bovendien helpt de natuur ook: sommige overlevingsstructuren (zaad, cystes) en bepaalde levensstadia zijn ongevoelig voor het middel. Ook bevinden de aantasters zich soms op een plaats waar het middel niet komt (zoals oösporen of poppen in de grond). Hierdoor overleven relatief veel gevoelige individuen.

Figuur 1.1 De selectie door een bestrijdingsmiddel.



De drie hoofdfactoren zijn op de volgende manier in dit schema zichtbaar.

- De kans op het aanwezig zijn van resistente individuen bepaalt hoe (on)gunstig de beginsituatie is.
- De voortplantingscapaciteit van de aantaster bepaalt vooral in welk tempo het selectieproces plaatsvindt.
- De selectiedruk bepaalt de verhouding tussen gevoelige (g) en resistente (R) individuen na een behandeling.

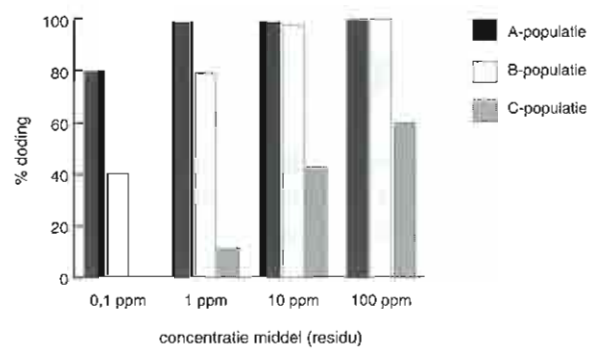


Intensiteit van resistentie

De mate van resistentie (ofwel de intensiteit ervan) is niet altijd een keuze uit 'volledig ongevoelig' of 'volledig gevoelig'. Een populatie bestaat uit vele genetisch verschillende individuen, met ieder een bepaalde mate van gevoeligheid voor een bepaald middel. De ene groep individuen in een populatie blijkt gevoeliger te zijn dan de andere groep. De grafiek laat drie populaties van spintmijten zien, waarbij A de minst resistente en C de meest resistente populatie is. De intensiteit van de resistentie is bij de C-populatie het hoogst, omdat er geen spintmijten meer aanwezig zijn die bij een zeer lage concentratie van het gebruikte middel nog doodgaan.

In eerste instantie zal de meerderheid van een populatie gevoelig zijn en zal dus het merendeel van de individuen bij gebruik van de adviesdosering doodgaan.

Gevoeligheid van spintmijten



Een hogere dosering doodt weliswaar meer individuen, maar dit betreft juist de meest gevoelige individuen. Bij zo'n hogere dosering bestaat de populatie dus binnen de kortste tijd uit vrijwel alleen zeer ongevoelige individuen zoals bij de C-populatie het geval is. Verhoging van de dosering is in dit geval een heilloze weg!

Hoofdfactoren bepaald door aantal belangrijke kenmerken

In grote lijnen zijn het de biologische en 'operationele' kenmerken van een bepaalde gewas - aantaster - middel combinatie die de drie hoofdfactoren bepalen.

De belangrijkste *biologische kenmerken* zijn:

- de erfelijke eigenschappen van de aantaster;
- de populatiedynamiek van een ziekte of plaag, zoals de voortplantingssnelheid en de levenscyclus.

Deze twee kenmerken geven zeer globaal aan of een populatie 'ontvankelijk' is voor resistentie-ontwikkeling; met andere woorden, bergt de populatie in

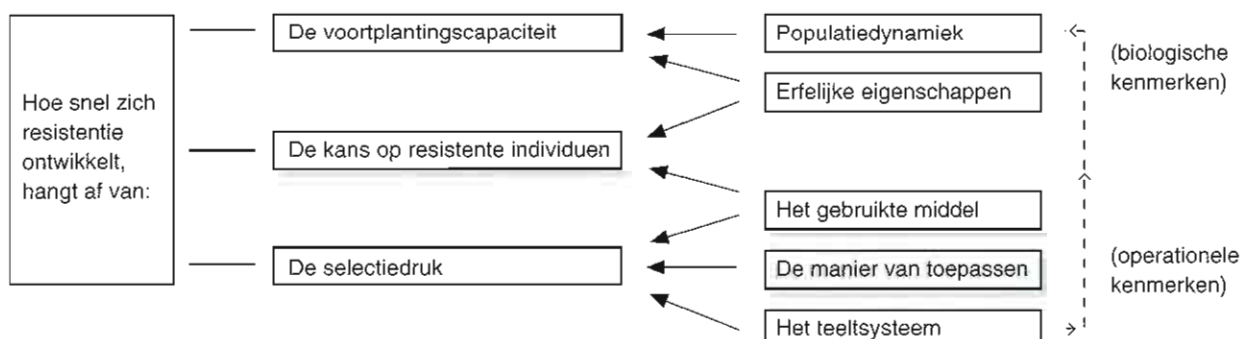
ongunstige omstandigheden de neiging in zich om resistentie te ontwikkelen. Of resistentie ook wèrkelijk zal optreden in de combinatie van die aantaster met dit middel en dat gewas, hangt verder af van de operationele kenmerken.

De *operationele kenmerken* omvatten:

- welk middel kiest een teler (wat voor specifieke eigenschappen heeft het);
- hoe past hij het toe;
- hoe ziet het teeltsysteem er uit.

Dit zijn dingen die de teler in zijn macht heeft. Ze bieden dan ook het aanknopingspunt voor het ontwikkelen van strategieën om resistentie te voorkomen of

Figuur 1.2 Het verband tussen de ontwikkelingssnelheid van resistentie en de verschillende kenmerken van een gewas - aantaster - middel combinatie.





binnen de perken te houden. Op de biologische kenmerken heeft de teler immers geen invloed.

Overigens is het onderscheid tussen biologische en operationele kenmerken niet exact sluitend: de populatiedynamiek hangt vaak af van de aangetroffen waardplanten (die deel uitmaken van het hele teeltsysteem). Er bestaat dus wel een bepaalde interactie tussen biologische en operationele kenmerken.

Figuur 1.2 laat het globale verband zien tussen de drie hoofdfactoren en de biologische en operationele kenmerken.

In deze figuur valt vooral op dat de operationele kenmerken (de 'instrumenten' van de teler om de ontwikkeling van resistentie te beïnvloeden) voornamelijk werken via de selectiedruk. De voortplantingscapaciteit en de kans op resistente individuen blijken ruwweg de kans op resistentie-ontwikkeling vast te leggen, terwijl de selectiedruk die kans kan bijstellen en de ontwikkeling kan versnellen of vertragen.

De volgende paragrafen gaan uitgebreider op de verschillende kenmerken in.

1.3 De populatiedynamiek

De verzamelterm 'populatiedynamiek' omvat factoren als de levenscyclus, het aantal nakomelingen, de manier van voortplanten, de overleving tijdens ongunstige perioden en de manier en snelheid van verspreiding. Deze hebben een grote invloed op het ontstaan van resistentie.

De *levenscyclus* van een aantaster kan één generatie per jaar kennen, maar ook meerdere. Hoeveel het er zijn, verschilt per soort. Het maakt uiteraard ook nogal wat uit of er een geschikte waardplant staat en hoe het klimaat is. Hoe meer generaties er in een seizoen voorkomen, des te sneller kan de resistentie zich ontwikkelen. Weliswaar kan één keer spuiten op een aantaster met één generatie per jaar net zo'n sterke selectiedruk uitoefenen als tien toepassingen op een aantaster met tien generaties per jaar. *Maar de tijdschaal waarover de resistentie zich ontwikkelt, verandert* en de resistentie zal dus veel eerder aan het licht komen.

Naast het aantal generaties per jaar bepaalt ook het *aantal nakomelingen per individu* sterk de voortplantingscapaciteit van de aantaster.

De *manier van voortplanten* beïnvloedt sterk hoe snel de R(esistentie)-genen zich door de populatie verspreiden. Dat gaat langzaam bij individuen die zich ongeslachtelijk voortplanten of zich door zelfbevruchting of inteelt vermenigvuldigen. Tussen de generaties bestaan in dat geval 'zuivere lijnen': er vindt geen vermenging van genotypen plaats.

Resistente individuen ontstaan vermoedelijk op vele plaatsen. Vanuit die plaatsen (perceel, bedrijf, streek, land of continent) kunnen ze zich actief of passief *verspreiden* en zo populaties voorzien van resistente individuen. Door die 'import' kan een gevoelige populatie sneller resistentie vertonen. Andersom kan echter hetzelfde gebeuren: gevoelige individuen van buiten de populatie komen dan binnen. Dat doet zich bijvoorbeeld voor bij de invlucht van luizen of trips vanuit wilde waardplanten.



1.4 De erfelijkheidsfactor

Naast de populatiedynamiek bestaat er een tweede groep biologische kenmerken met een grote invloed op het ontstaan van resistentie: de erfelijke eigenschappen. Het verschil tussen gevoelige en resistente individuen ligt verankerd in het erfelijk materiaal, de genen. In een resistent organisme hebben één of meerdere genen een verandering ondergaan, waardoor dat organisme minder gevoelig is.

Als de resistentie berust op een verandering in *één gen*, dan kan de resistentie voor het middel vrij snel tot stand komen en behoorlijk sterk zijn. Deze veel voorkomende 'monogene' resistentie is tot nu toe bekend bij middelen uit de groep van de organische fosforverbindingen, pyrethroïden, benzimidazolen, carboxamiden, triazinen, sulfonyl-ureum verbindingen, etc. (zie Bijlage 3).

De veel minder vaak voorkomende polygene resistentie (waarbij *meerdere genen* 'veranderen') ontwikkelt zich minder snel dan de monogene variant. In de praktijk merkt de teler dit doordat het middel *langzaam* zijn werking verliest. Polygene resistentie trad tot nog toe op bij middelen uit de groep van de ergo-sterolbiosyntheseremmers (EBR's).

Het volgende schema zet de verschillen tussen monogene en polygene resistentie op een rij.

	Monogeen	Polygeen
Verandering in:	één gen	meerdere genen
Intensiteit resistentie	hoog	varieert van matig tot hoog
Ontstaat:	snel	geleidelijk
Optreden:	vaak	minder vaak

Aantasters kunnen resistentie ontwikkelen tegen meer dan één bestrijdingsmiddel. Daarbij valt een onderscheid te maken tussen kruisresistentie en multi-pele resistentie.

Bij de vaak voorkomende *kruisresistentie* zorgt één enkel resistentiemechanisme voor resistentie tegen meerdere middelen. De resistentie kan zowel mono- als polygeen zijn. Kruisresistentie komt meer voor binnen eenzelfde groep van chemische verbindingen, maar ook tegen middelen uit verschillende groepen (zie het kader over de Floridamot).

Floridamot

De in de bloemeteelt beruchte floridamot (*Spodoptera exigua*) kwam in 1976 met stekmateriaal uit Florida Nederland binnen. De zo geïntroduceerde populatie bleek tegen tal van insecticiden resistent te zijn. Gelukkig bleek het toen net toegelaten synthetische pyrethroïde permethrin een zeer effectief wapen tegen deze plaag. Binnen een jaar echter bleek de populatie niet alleen resistent tegen permethrin, maar ook tegen diverse andere stoffen uit deze groep. Er bleek kruisresistentie voor te komen tussen de pyrethroïden en de gechloreerde koolwaterstoffen (o.a. DDT). Het intensieve gebruik van DDT gedurende vele generaties in het land van herkomst bleek al tot een voorselectie geleid te hebben op resistentie tegen pyrethroïden.

Bij *multi-pele resistentie* komen twee of meer resistentiemechanismen onafhankelijk van elkaar voor na het gebruik van twee of meer actieve stoffen (zie het kader over Japanse roest). Dit betekent dat een plaagorganisme gelijktijdig resistentie kan vertonen tegen totaal verschillende middelen zoals benzimidazolen en sterolbiosyntheseremmers. Bij multi-pele resistentie gaat het *altijd* om een verandering in meer dan één gen.

Japanse roest

Japanse roest (*Puccinia horiana*) kwam in 1964 naar Nederland. De fungiciden oxycarboxin en benodanil, die respectievelijk in 1969 en 1976 op de markt kwamen, waren de eerste producten die een teler zowel preventief als curatief kon toepassen. In 1980/81 doken er echter stammen op die kruisresistent waren tegen beide producten. Daarop begon men mengsels te gebruiken van specifieke fungiciden met een EBR (triforine of bitertanol). Door de kritiek op de toepassing van de specifieke fungiciden (vanwege de milieueffecten) nam het gebruik daarvan in mengsels meer en meer af. Dat resulteerde in een exclusief gebruik van triforine en bitertanol en dat leverde in 1992 stammen op die niet alleen kruisresistent waren voor deze twee verbindingen, maar ook tegen vele andere EBR's. Omdat de resistentie tegen oxycarboxin en benodanil zelfs na tien jaar zonder gebruik nog bleek te bestaan, gaat het hier bovendien om multi-pele resistentie.



1.5 Het bestrijdingsmiddel

Naast de biologische kenmerken (de erfelijke en populatiedynamische eigenschappen) oefenen ook de operationele factoren hun invloed uit en wel vooral via de selectiedruk. De keuze van het bestrijdingsmiddel vormt een belangrijke operationele factor.

Of er al of niet resistentie optreedt, hangt sterk af van hoe een middel inwerkt op de aantaster. Die *werking* volgt uit de chemische structuur. Middelen met een verwante chemische structuur vertonen dezelfde werking en zullen, deels afhankelijk van het resistentiemechanisme, eenzelfde selectie uitoefenen. Middelen vallen zo in te delen in verschillende resistentiegroepen, dat zijn groepen bestrijdingsmiddelen waartegen eenzelfde resistentiemechanisme werkzaam is. Wanneer de teler middelen afwisselt of mengt binnen een groep, wordt voortdurend op dezelfde manier geselecteerd en neemt de kans op resistentie toe. En, vice versa: de toepassing van middelen uit verschillende resistentiegroepen kan de ontwikkeling van resistentie vertragen.

Een *aspecifiek* werkend middel zoals het fungicide captan grijpt op meerdere punten aan in de aantaster. Doordat het om complexe processen gaat waarbij zeer veel genen betrokken zijn, kan het organisme hier maar moeilijk resistentie tegen ontwikkelen. Een *specifiek* werkend middel heeft daarentegen maar één aangrijpingspunt. Dat leidt in de meeste gevallen tot een grotere kans op resistentie-ontwikkeling. Insecticiden en acariciden werken specifiek: anders dan bij de ziektebestrijding kan een teler niet beschikken over aspecifiek werkende en daardoor resistentie-ongevoelige middelen. Dat betekent in vergelijking met fungiciden meer kans op snelle ontwikkeling van resistentie.

De *werkingsduur* van een middel variëert van enkele uren tot maanden. Een korte werkingsduur biedt een deel van de gevoelige individuen in de populatie een kans op ontsnapping. De selectiedruk blijft in zo'n geval laag. Dat is gunstig, maar er kan een adder onder het gras zitten. Op het moment namelijk dat een teler zo'n kort werkend middel herhaaldelijk toepast, stijgt de selectiedruk. Middelen met een (zeer) lange werkingsduur zorgen in het algemeen voor een zeer hoge percentage doding en oefenen daardoor een zeer hoge selectiedruk uit op de populatie.



Je komt me toch niet vertellen dat de mineervlieg resistent is tegen ons laatste experimentele stofje? Het is nog niet eens getest!

1.6 De manier van toepassen

De land- en tuinbouw heeft een breed scala van *technieken* tot zijn beschikking om bestrijdingsmiddelen toe te dienen: grond-, zaad-, gewas- en ruimtebehandelingen en toediening via het voedingswater bieden tal van mogelijkheden. De teler kiest daaruit en legt daarmee vast welk deel van het perceel, van het gewas of van de plant een behandeling krijgt. Dat bepaalt welk percentage van de populatie aan selectie blootstaat. Hoe groter dat deel, hoe sterker de selectiedruk.

Elk van deze toepassingstechnieken kent zijn eigen methode om de juiste dosering op de juiste plaats te krijgen. Daarmee varieert de bedekkingsgraad en een hogere bedekkingsgraad betekent een grotere kans dat een aantaster met het middel in aanraking komt. De gevoelige organismen kunnen daardoor moeilijker ontkomen, de selectiedruk stijgt en de kans op resistentie groeit evenredig.

Wanneer de toepassing van een middel een grote *effectiviteit* kent, leggen veel gevoelige individuen het loodje en verandert de verhouding tussen de aantallen gevoelige en ongevoelige individuen sterk: de selectiedruk is hoog.

Hoe vaak zal een teler een bestrijdingsmiddel toepassen? Ideaal gesproken hangt dat vooral af van de voortplantingscapaciteit van de aantaster, van de schade die deze veroorzaakt en van de werking van



het middel. Zo zal de teler veel vaker spuiten bij een middel dat preventief werkt dan bij een middel dat hij curatief toepast. Naarmate de teler hetzelfde middel vaker in een seizoen gebruikt, groeit het resistentierisico. Uiteraard gaat het hier om een algemene regel: de realiteit blijkt wat ingewikkelder door allerlei factoren, zoals de overleving van de aantaster in ongunstige perioden en de import van gevoelige individuen van buitenaf.

Wanneer een aantaster monogene resistentie vertoont, doet zich het volgende verschijnsel voor: wanneer de teler *de etiketdosering* verhoogt, stijgt het aantal dode aantasters. Dat hogere percentage doding veroorzaakt een hogere selectiedruk. Dosering en selectiedruk zijn dus gekoppeld: wanneer de teler de dosering verlaagt, daalt de selectiedruk per bespuiting. Bij polygene resistentie werkt het anders: bij een lagere dosering zullen de individuen met gedeeltelijke resistentie overleven. Een verlaagde dosering bevordert zo juist de ontwikkeling van polygene resistentie. Polygene resistentie komt echter gelukkig zelden voor.

Samengevat bepalen de middel- en toepassingseigenschappen hoeveel individuen met het middel in aanraking komen en welk percentage dat niet overleeft. Samen leggen ze daarmee de selectiedruk in het teeltsysteem van de teler vast.

1.7 Het teeltsysteem

Elke aantaster heeft een eigen specifieke bestaansmogelijkheid (niche) in een teelt. Zo'n niche valt te vergelijken met de plek die een ondernemer tussen alle concurrentie op zijn marktgebied inneemt op grond van zijn vaardigheden, produkt etc. De niche van een aantaster hangt af van het gewas, het weer, het bestrijdingsmiddelengebruik, de bemesting enzovoort.

De aanwezige niches blijven niet constant dezelfde, maar veranderen van plaats en tijd en daarmee verandert de soortsaanstelling van de gewasaantaster. Elke teeltsysteem kent immers zijn veranderingen: het weer fluctueert, er vindt vruchtwisseling plaats, er komen nieuwe rassen te staan, de teler bewerkt de grond enzovoort. Als die veranderingen zich regelmatig voordoen, veranderen de aanwezige niches. Daarmee wisselen ook de aantasters waarmee de teler te maken krijgt.

Als een teeltsysteem daarentegen een grote *stabiliteit* bezit (bijvoorbeeld bij de teelt van rozen onder glas) dan zal de niche voor bepaalde aantasters constant beschikbaar blijven. Dat stimuleert de aanwezigheid van soorten die zich een groot deel van het jaar prima thuis voelen in dat teeltsysteem en die dan ook soms het hele jaar door problemen opleveren. Een teeltsysteem dat op deze manier een paar aantasters alle ruimte biedt, betaalt voor zijn voortbestaan vaak met een sterke afhankelijkheid van bestrijdingsmiddelen. Vaak moet de teler dan voortdurend spuiten en de kans is groot dat er zich resistentie voordoet.

Een voorbeeld hiervan biedt de glastuinbouw. Deze kent veelal jaren achter elkaar hetzelfde teeltsysteem. Makkelijk voor de teler, maar ook gunstig voor aantasters die zich prettig voelen in dit systeem. De probleemaantasters gaan bijna niet meer weg: ze huizen vrijwel het jaar rond in het gewas en veroorzaken voortdurend schade. De teler kan ze vaak alleen met veel chemische middelen te lijf gaan. Vooral de insecten en mijten hebben een slechte naam: er zijn heel wat resistente populaties van bekend. Zoals al in paragraaf 1.5 stond, kan de tuinder namelijk niet beschikken over specifiek werkende en daardoor resistentie-ongevoelige insecticiden en acariciden.



Hoofdstuk 2. Wat is resistentiemangement

Wat kan een teler doen om resistentie te voorkomen en wat voor mogelijkheden heeft hij wanneer hij met resistentie te maken krijgt? Dit hoofdstuk geeft de grote lijnen van dit geheel van mogelijke maatregelen, dat als resistentiemangement bekend staan.

Hoe resistentie kan ontstaan, kwam al in het vorige hoofdstuk aan de orde. Dit hoofdstuk behandelt in grote lijnen welke mogelijkheden een teler heeft om de kans op resistentie te verminderen. Samen met wat hij kan doen wanneer resistentie een feit is, vormen deze mogelijke maatregelen het 'resistentiemangement' van een teler.

Het gaat om een overzicht: de hoofdstukken 3 en 4 behandelen meer in detail respectievelijk de maatregelen ter voorkoming en die ter bestrijding van resistentie.

Ook blijft de rol van andere betrokkenen, zoals de overheid en het bedrijfsleven, bij resistentiebestrijding hier buiten beschouwing, omdat in deze brochure de nadruk op de individuele teler ligt. Bijlage 1 gaat er wel op in.

Wat is resistentiemangement?

Resistentiemangement voor de teler omvat het volgende totaal van maatregelen:

- Alle maatregelen die moeten *voorkomen dat er zich resistentie ontwikkelt* in een bepaalde gewas-aantaster-middel combinatie ('pro-actief' resistentiemangement). Een paar voorbeelden.
 - De teler wijzigt zijn bouwplan.
 - De teler past zijn teeltsysteem aan.
 - De teler wijzigt zijn gewasbeschermingsstrategie.
 - De teler verandert de toepassing.
- Alle maatregelen waaruit een teler kan kiezen *wanneer er zich al resistentie voordoet* ('reactief'). Het doel is het aantal resistente individuen in de populatie zo ver omlaag te brengen dat het bestrijdingsmiddel weer effectief werkt. Eigenlijk gaat dit meer om het managen van resistente populaties. Helaas lukt het een teler vaak niet om een aanwezige resistentie op zo'n niveau terug te krijgen dat het middel weer werkt. Het accent moet daarom in het algemeen op pro-actief resistentiemangement liggen.

2.1 Het uitgangspunt voor resistentiemangement

Overal waar een teler regelmatig bestrijdingsmiddelen gebruikt, kan resistentie opduiken (behalve bij de toepassing van specifieke middelen). De vraag is meer hoe lang het duurt voordat ze echt problemen oplevert. Resistentiemangement omvat alle maatregelen die het ontstaan van resistentie zo lang mogelijk uitstellen en dat vooral in situaties met een grote kans op resistentie. Dat maakt het overigens van groot belang die kans op resistentie in te schatten (zie Hoofdstuk 3).

Het uitgangspunt voor resistentiemangement is eenvoudig: voorkom dat resistente individuen in een populatie door selectie in het voordeel zijn (ofwel een relatief grote bijdrage leveren aan de volgende generatie). Dit wil zeggen dat de toepassing van een chemisch bestrijdingsmiddel in de praktijk geen overheersende selectiefactor mag worden (andere selectiefactoren zijn het weer, het ras, de bewerking etc.). De volgende paragraaf behandelt hoe dat in grote lijnen valt te bereiken.



2.2 De strategie in hoofdlijnen

Voor situaties met een minieme kans op resistentie heb je geen resistentie management nodig. De teler kan zijn gewasbeschermingsstrategie dan volledig laten bepalen door andere factoren. In veel gevallen echter bestaat er wel degelijk een kans op resistentie-ontwikkeling. Hoe kan een teler in die gevallen voorkomen dat de toepassing van een bestrijdingsmiddel voor een groeiend aantal resistente individuen zorgt?

De optimale strategie combineert de volgende elementen:

1. preventieve gewasbescherming;
2. niet-chemische gewasbescherming;
3. chemische gewasbescherming die rekening houdt met het risico van resistentie-ontwikkeling bij dat middel, dat gewas en die aantaster. De selectiedruk mag niet voortdurend in het voordeel van de resistente kern in de populatie werken.

1. Preventieve gewasbescherming

Voorkomen van het gebruik van het middel is de meest effectieve manier van resistentie management. Veel boeren en tuinders schrikken terug van preventie omdat die veel dieper ingrijpt in de bedrijfsvoering dan het spuiten met een chemisch middel. Het is echter de fundering onder resistentie management en verdient serieuze aandacht. Preventie garandeert niet dat er geen aantasters zullen voorkomen, maar wel dat ze in minder grote aantallen zullen komen. Chemisch ingrijpen blijkt dan minder vaak nodig en de snelheid van resistentie-ontwikkeling daalt.

2. Niet-chemische gewasbescherming

Voor de toepassing van een chemisch bestrijdingsmiddel blijken tot nu toe slechts schaarse niet-chemische alternatieven te bestaan. De belangrijkste mogelijkheden liggen in mechanische en in biologische gewasbescherming.

Overigens werken hierbij dezelfde principes als bij chemische bestrijding. Pas een specifiek werkende alternatieve methode maar lang en eenzijdig genoeg toe en de selectiedruk zal gaan stijgen. Daarmee daalt dan de effectiviteit van de methode. Een goed voorbeeld hiervan levert de selectie die optrad door

het lange tijd wieden met de hand in vlas. Varianten van de vlashuttentut met minder vertakking en een smaller blad waren minder goed te zien en overleefden daardoor het wieden. Dat leidde tot een groeiend aandeel van deze varianten in de hele populatie.

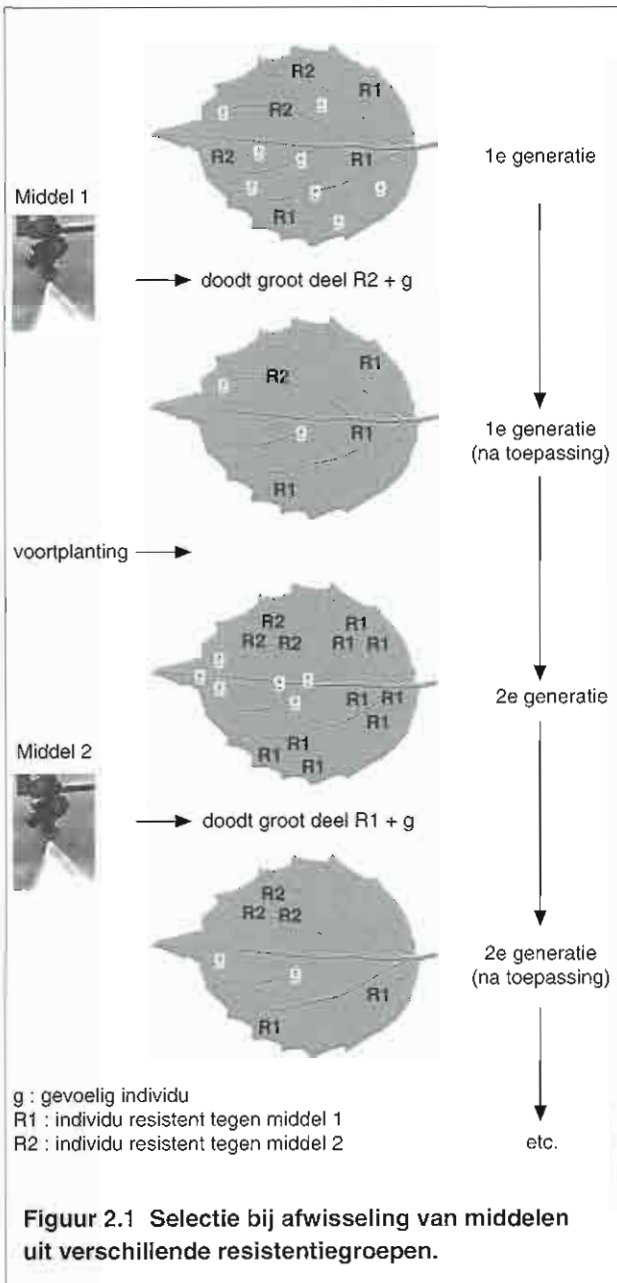
Zelfs bij biologische bestrijding kunnen aantasters ongevoeligheid gaan vertonen tegen de natuurlijke vijand. Zo staakte de leverancier de verkoop van de sluipwesp *Opius* tegen de floridamineervlieg omdat de aantaster de eieren van de sluipwesp inkapselde, waardoor die zich niet meer in de prooi konden ontwikkelen.

3. Chemische gewasbescherming

Er zijn voorlopig nog tal van gewas-aantaster combinaties waarin een teler er niet aan ontkomt regelmatig chemisch in te grijpen. Soms gebeurt dat *preventief*: de aantasters krijgen dan niet de kans zich in het gewas te ontwikkelen. Vooral bij de bestrijding van allerlei schimmel- en virusziekten komt dit vaak voor. *Cu-ratieve* chemische gewasbescherming daarentegen maakt al in het gewas aanwezige aantasters onschadelijk.

Om het resistentie-risico zo klein mogelijk te houden heeft de teler onder andere de volgende mogelijkheden.

- Hij kan proberen het aantal behandelingen tot het minimaal noodzakelijke te beperken. Geleide bestrijding biedt hem in een aantal teelten een goede hulp daarbij.
- Hij kan middelen met verschillende resistentiemechanismen afwisselen. De selectie werkt dan steeds in een andere richting, zoals Figuur 2.1 laat zien. De ene keer (bij middel 1) overleven vooral de individuen met het type resistentie R1, de volgende keer worden die door middel 2 gepakt en overleven de individuen met type resistentie R2 etc.
- Bij insecticiden en acariciden kan de teler het beste zo min mogelijk middelen met elkaar mengen wanneer hij één soort wil bestrijden. Menging zou namelijk het ontstaan van resistentie tegen meer dan één middel kunnen vergemakkelijken.
- Bij fungiciden kan menging wél een methode vormen om de ontwikkeling van resistentie te voorkomen. Door een specifiek werkend fungicide te mengen met een aspecifiek werkend middel



(zoals dithiocarbamaten, captan of zwavel) kan een teler resistentie-ontwikkeling proberen te voorkomen. De markt kent diverse kant en klare mengsels waarmee de teler ziekteverwekkers te lijf kan gaan. Aan mengsels en tankmixen kleven echter wel nadelen, zeker wanneer de mengsels voor de toepassing iedere keer de volle dosering van de diverse bestanddelen bevatten. Het volume is dan hoger en daarmee de emissie naar het milieu, en de teler is meer geld kwijt. Afwisseling van de twee middelen biedt misschien wel net zo veel effectiviteit, zowel bij de bestrijding als bij het voorkomen van resistentie-ontwikkeling.

Hoofdstuk 3 werkt deze algemene richtlijnen wat verder uit.



Hoofdstuk 3. Een optimale strategie voor resistentiemanagement

Dit hoofdstuk beschrijft hoe de afzonderlijke biologische en operationele kenmerken in reële situaties van invloed kunnen zijn op de ontwikkeling van resistentie. Vervolgens worden de globale lijnen uit Hoofdstuk 2 uitgewerkt tot een strategie tegen resistentie.

Mocht die indruk gewekt zijn: het regelmatig gebruiken van een bestrijdingsmiddel is geen op hol geslagen trein die onvermijdelijk naar resistentie voert. Telers passen al jaren middelen toe uit de groep van aspecifiek werkende fungiciden, zoals maneb, chloor-thalonil en thiram, zonder dat dit tot resistentie heeft geleid. Dat maakt het bedenken van een goede strategie voor resistentiemanagement in zo'n geval overbodig. Ook in een beperkt aantal andere gevallen kan de ondernemer het risico van resistentie verwaarlozen.

In dit hoofdstuk gaat het vooral om combinaties van een gewas, een aantaster en een middel die een reële kans opleveren op het ontstaan van een resistente populatie. Dit hoofdstuk biedt:

1. een manier om zelf enigszins een inschatting te maken van de kans op resistentie-ontwikkeling in een bepaalde combinatie.
2. de bouwstenen voor een strategie voor situaties waarin de kans op resistentie-ontwikkeling niet meer te verwaarlozen valt.

3.1 De kans op resistentie

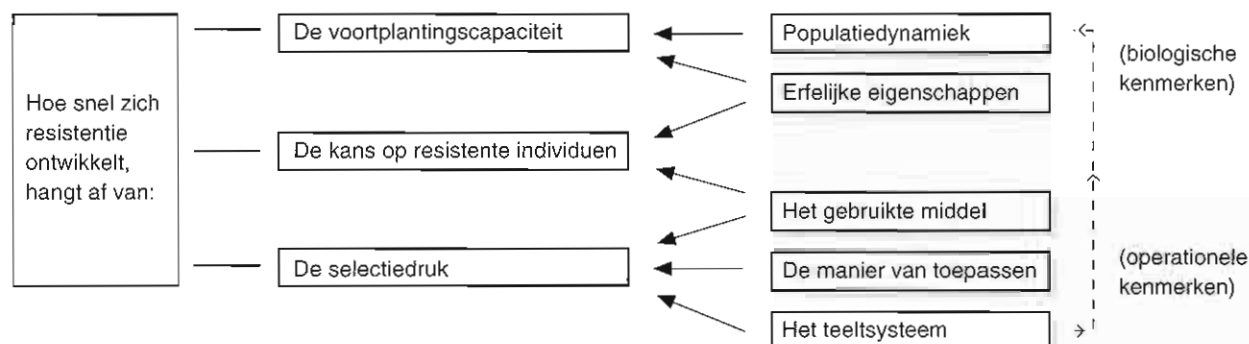
In Hoofdstuk 1 bleek al dat er drie hoofdfactoren waren die bepalen hoe snel zich resistentie ontwikkelt. Dat waren de voortplantingscapaciteit, de kans op resistente individuen en de selectiedruk. Voor het gemak wordt Figuur 1.2 hier nogmaals afgebeeld.

De kans op het verschijnen van resistente individuen in een populatie hangt af van de *genetische 'opmaak'* van de aantaster en de *eigenschappen van het bestrijdingsmiddel*. De mutatiefrequentie van de R(esistentie)-genen is de mate waarin zich spontaan genetische veranderingen in een populatie voordoen. Uiteraard varieert die per aantaster-middel combinatie.

De resistente individuen zijn altijd in zeer geringe aantallen aanwezig, maar kunnen zich ook ontwikkelen tot een resistente subpopulatie. De kans daarop hangt af:

- van de voortplantingscapaciteit (ofwel van de snelheid waarmee de populatie uitdijt), die afhangt van de *biologische kenmerken* van de populatie;

Figuur 1.2 Het verband tussen de ontwikkelingssnelheid van resistentie en de verschillende kenmerken van een gewas-aantaster-middel combinatie.





- van de selectiedruk. Deze is het resultaat van vooral de *operationele factoren* (het gekozen middel, de toepassing en het teeltsysteem).

Hoe bepalen nu al deze factoren samen in een *gegeven combinatie van een gewas, een aantaster en een middel* de snelheid waarmee resistentie zich kan ontwikkelen? Een aantal bekende gevallen van (mogelijke) resistentie biedt een prima mogelijkheid om daar verder op door te gaan. De tabellen 3.1 en 3.2 op de volgende pagina's zetten voor zeven gewas-aantaster-middel combinaties de sleutelkenmerken op een rij. In twee combinaties deed zich daadwerkelijk resistentie voor en in vijf bestaat een kans op resistentie in de toekomst. Per combinatie blijken de doorslaggevende factoren (de keyfactors) te verschillen.

De in Tabel 3.1 uitgewerkte voorbeelden van *bekende* resistentie in Nederland zijn:

aardappel	Phytophthora	metalaxyl
mais	zwarte nachtschade	atrazin

Ook bevat deze tabel een voorbeeld van *mogelijke resistentie in de toekomst*:

roos	spintmijt	abamectine
------	-----------	------------

Dit voorbeeld wordt verder niet in de tekst behandeld.

Tabel 3.2 bevat vier voorbeelden van *mogelijke resistentie in de toekomst*, die in de tekst verder uitgewerkt worden:

appel	fruitmot	diflubenzuron
prei	trips	pyrethroïden
tarwe	meeldauw	fenpropimorf
mais	hanepoot	rimsulfuron

In de tabellen passeren alle factoren de revue die een bijdrage kunnen leveren aan de ontwikkeling van resistentie. Onderaan staat een inschatting van het risico op resistentie-ontwikkeling: hoog, matig of laag.

Twee voorbeelden van combinaties met een hoog risico

Mais - zwarte nachtschade - atrazin

Een boer heeft maïs staan en past jaar na jaar éénmaal per teelt atrazin toe. Uit resistentie-oogpunt bekeken is de beginsituatie gunstig: de mutatiefrequentie is laag (er ontstaan dus weinig resistente individuen) en de fitness (de concurrentiekracht) van de resistente individuen is laag ten opzichte van de wél gevoelige individuen. Toch ontstaan na een aantal

jaren problemen met resistente populaties van zwarte nachtschade. De verklaring ligt in het volgende. Het middel atrazin werkt zo lang (meer dan drie maanden) dat er geen ontsnapping mogelijk is. De selectiedruk is dus enorm hoog. Door het ontbreken van vruchtwisseling en de toepassing jaar na jaar van atrazin gaan de gevoelige individuen in de populatie na vele jaren van toepassing verloren. Zo ontstaat een resistente populatie zwarte nachtschade. Via zaad in de grond, de mest en het kuilvoer verplaatsen resistente exemplaren zich naar andere percelen en regio's.

Aardappel - Phytophthora - metalaxyl

In de jaren tachtig verscheen het middel metalaxyl tegen Phytophthora in aardappelen op de markt. Het middel bleek zeer effectief en had door zijn systemische werking niet alleen een preventieve maar ook een curatieve werking. De uitermate goede doding van de aantaster leidde echter tot zo'n hoge selectiedruk dat binnen één jaar Phytophthora-populaties resistent werden tegen metalaxyl. Hoewel er in het begin maar weinig resistente individuen aanwezig waren, zorgde het enorme voortplantingspotentieel ervoor dat Phytophthora in zeer korte tijd ongevoelig werd voor het middel.

Voorbeeld van moeilijke voorspelbaarheid

In de voorgaande gevallen *springen sommige factoren er duidelijk uit* als oorzaken van het hoge resistentierisico. Helaas is dit niet altijd het geval, zoals blijkt uit het volgende voorbeeld van diflubenzuron tegen fruitmot in appelbomen (zie Tabel 3.2).

Appel - fruitmot - diflubenzuron

In Nederland mogen telers diflubenzuron (Dimilin) spuiten tegen onder andere de fruitmot in appel. Deze insectengroei-regulator behoort tot de groep van de acylureum-verbindingen. Het middel werkt zeer specifiek en heeft vooral effect op de jonge rupsen van de fruitmot. De populatiedynamiek hoeft de gebruiker geen zorgen op te leveren: er zijn één tot twee generaties in een jaar, geen bijzonder hoog aantal nakomelingen per vrouwtje en een matige mobiliteit. Wel staan de appelbomen er natuurlijk jarenlang en duikt jaar na jaar dezelfde populatie fruitmotten op. In Nederland hanteert de geïntegreerde fruitteelt een bestrijdingsdrempel voor de fruitmot om onnodige toepassingen van het middel te voorkomen. Toch biedt dit nog geen waterdichte garantie op het voorkomen van resistentie.



Tabel 3.1 De invloed van de diverse factoren op het ontwikkelen van resistentie in combinaties waarin daadwerkelijk resistentie is opgetreden.

	<i>Aardappel</i>	<i>Mais</i>	<i>Roos</i>
	<i>Phytophthora</i>	<i>zwarte nachtschade</i>	<i>spintmijt</i>
	<i>metalaxyl</i>	<i>atrazin</i>	<i>abamectine</i>
Genetische factoren			
mutatiefrequentie R-genen	matig ¹	laag	onbekend
mono-/polygene res.	mono	mono	poly (?)
kruisresistentie	nee	ja	nee
Populatie dynamiek			
grote beginpopulatie	groot	groot	zeer groot
voortplantingssnelheid	zeer hoog	hoog	zeer hoog
aantal nakomelingen per indiv.	zeer veel	5000 per plant	80 per vrouw. ex.
aantal generaties per jaar	10 of meer	1	>20
mobilititeit	hoog	hoog	laag
fitness res. indiv.	hoog	laag	onbekend
refugia	(oösporen) ja	nee	ja ²
alternatieve waardplanten	tomaat	n.v.t.	n.v.t.
Teeltsysteem			
open/gesloten	open	open	gesloten
wissel-/continueelt	wissel	continu	continu
één-/meerjarig gewas	één	één	meer
Operationele factoren			
werkingsmechanisme	zeer specifiek	zeer specifiek	zeer specifiek
type werking	systemisch	systemisch	ingestie via blad + contact
gevoelige levensstadia	beginnende vitale infectie	kiemplanten	larve + adult
werkingsduur	10 - 14 dagen	> 3 mnd.	ca. 2 wk. in blad
resistentiemechanisme	specifiek	specifiek	niet specifiek (?)
aantal toepassingen per jaar	>8 - continu	1 (- 2)	ca. 8
trekans	zeer hoog	100 %	HV: redelijk - hoog ²
% doding	zeer hoog	100 %	HV: redelijk - hoog ²
Kans op resistentie	hoog	hoog	laag - matig

Algemeen: de donkere vlakjes geven aan dat het om een risicofactor gaat.

1 niet exact bekend, gebaseerd op schatting.

2 afhankelijk van de manier van toepassen:

bij LVM is de trekans en het % doding zeer hoog en daardoor de kans op resistentie hoog.



In Nederland doen verhalen de ronde over verminderde gevoeligheid van de fruitmot voor diflubenzuron. De Italiaanse collega's kennen die resistentie al jaren, maar daar passen zij het middel wel veel vaker toe. In de VS deed zich een raadselachtig geval voor. In een gebied daar ontwikkelde de fruitmot in appel binnen één jaar resistentie tegen diflubenzuron. In een nabijgelegen gebied met vergelijkbare omstandigheden echter pasten telers het middel al meerdere jaren zonder problemen toe. Hoe kon dit? De verklaring laat nog steeds op zich wachten. In het gebied met diflubenzuron-resistentie spotten de telers al meer dan twintig jaar lang meerdere keren per jaar het middel azinfos-methyl tegen fruitmot zonder ooit resistentie tegen te komen! Waarom wél resistentie tegen diflubenzuron en niet tegen azinfos-methyl?

Dit voorbeeld maakt duidelijk dat zowel het voorspellen van resistentie als het verklaren ervan soms een hachelijke zaak is.

3.2 Wanneer moet de teler uitkijken

Het blijken de genetische kenmerken en de populatiedynamiek te zijn die de kans op resistentie-ontwikkeling grofweg vastleggen. De andere factoren kunnen daarna via het mechanisme van de selectiedruk die kans vergroten of verkleinen en de resistentie-ontwikkeling versnellen of vertragen. Het geheel vormt een ingewikkeld samenraapsel van invloedsfactoren. Een heldere lijn naar een totaalinschatting van een situatie valt meestal moeilijk te ontdekken. Toch vertonen de echte risico-situaties vrij consequent een aantal kenmerken, en wel de volgende.

De genetische factoren

- Er is een relatief hoog beginaantal resistente individuen in de populatie.
- De resistentie is monogeen.
- Er is kruisresistentie bekend tegen de groep middelen waarin het gebruikte middel valt.

De populatiedynamische kenmerken

- De generaties volgen elkaar snel op en er vindt weinig migratie plaats bijvoorbeeld vanuit of naar alternatieve waardplanten of andere refugia: de populatie blijft geïsoleerd.
- De resistente individuen zijn even levensvatbaar als de gevoelige individuen.

De operationele factoren

- Het middel heeft een zeer specifieke werking en blijft bovendien in verhouding tot de levenscyclus van de aantaster lang werkzaam.
- Het middel heeft een hoge en continu dodende werking, zodat de aantasters nauwelijks of niet ontsnappen.
- De teler maakt een eenzijdig gebruik van het middel. Hij wisselt het vrijwel niet af met middelen uit andere resistentiegroepen.
- Het middel wordt op relatief grote oppervlaktes toegepast (waardoor er geen ontsnappers zijn en er weinig immigratie plaatsvindt).
- Het teeltsysteem biedt de aantaster gunstige omstandigheden, waardoor deze zich snel ontwikkelt.

Deze omstandigheden vormen een niet uit te vlakken waarschuwing dat de kans op resistentie hoog is. Wel kunnen andere factoren dit risico wat ver-



minderen, zoals het voorbeeld prei-trips-pyrethroïde in Tabel 3.2 laat zien. Dat voorbeeld levert overigens ook een bouwsteen voor een goede strategie tegen resistentie-ontwikkeling.

Prei - trips - pyrethroïden

Preitrips behoort tot een groep van insecten met een hoge kans op resistentie-ontwikkeling. Preitripsen voelen zich thuis op tal van waardplanten en maken allerlei lichaamsvreemde stoffen relatief snel onschadelijk. Ze doen dat via enzymen die de vreemde stoffen ontgiften. Bovendien planten ze zich zeer snel voort. Voeg daarbij de tijdens warme perioden continue toepassing van pyrethroïden in de preiteelt en een fors risico van resistentie-ontwikkeling ligt voor de hand. Toch doen zich nog geen echte problemen met resistentie-ontwikkeling voor. Waarom niet? De belangrijkste verklaring ligt in het feit dat de *selectiedruk* veel lager uitvalt dan verwacht. Heel veel tripsen ontsnappen namelijk aan het bestrijdingsmiddel: ze verbergen zich in de bladscheden of verpoppen zich net tijdens de bespuiting in de grond. Daarnaast komen er nogal wat nieuwe gevoelige tripsen binnen vanuit alternatieve waardplanten of andere schuilplaatsen (de refugia). Deze voortdurende import van gevoelige tripsen verlaagt het risico van resistentie-ontwikkeling.

Zoals het voorbeeld appel - fruitmot - diflubenzuron al liet zien, lukt het lang niet altijd voor elke gewasaantaster-middel combinatie de kans op resistentie-ontwikkeling te voorspellen. Dat maakt het leven voor de adviseur/voorlichter er niet eenvoudiger op: heel concrete aanbevelingen over resistentie-management zitten er dan niet in. Maar met de wel beschikbare kennis en het gezonde verstand valt een eind te komen, getuige de volgende twee voorbeelden uit Tabel 3.2.

Mais - hanepoot - rimsulfuron

Sinds 1994 heeft het middel rimsulfuron (Titus) een toelating als bladherbicide met systemische werking in mais. De toelating geldt voor de bestrijding van diverse soorten tweezaadlobbigen en grassen, waaronder hanepoot. Het is een zeer specifiek werkend middel dat de gebruiker volgens de aanbevelingen van de producent één (tot twee) keer per jaar moet toepassen.

De kans op het ontstaan van resistentie lijkt hoog, als gevallen met andere middelen uit dezelfde groep (de sulfonyl-ureum verbindingen) tenminste enigszins een vergelijking bieden. Zo kennen telers in de VS bij minstens drie onkruidsoorten resistentie tegen het middel chloorsulfuron. Die ontwikkelde zich na-

dat zij het middel drie tot vijf jaar lang in continuïteit van tarwe hadden gespoten, met een frequentie van minder dan tweemaal (0,9 tot 1,7 keer) per seizoen. De snelheid waarmee de resistentie zich ontwikkelde, suggereert dat R(esistentie)-genen veelvuldig aanwezig waren en dat de resistentie monogeen is. De kans op het ontstaan van resistentie lijkt dus sterk aanwezig. Het plaatje ziet er veel somberder uit dan in de combinatie mais - zwarte nachtschade - atrazin. Toch betekent dit niet dat zich in de praktijk resistentie zal ontwikkelen.

De operationele factoren in de combinatie mais - zwarte nachtschade - atrazin verschillen weinig van die bij mais - hanepoot - rimsulfuron, op één factor na: de werkingsduur. Het onkruid neemt rimsulfuron direct op en het middel werkt binnen twee tot vier dagen. Een week later is meer dan de helft van het middel al afgebroken en heeft het geen effect meer. Dit betekent dat het onkruid kan nakiemen, zodat gevoelige individuen de behandeling kunnen overleven: een groot verschil met atrazin met zijn zeer lange werkingsduur en daardoor voortdurende doding van nieuw gekiemde nachtschade.

Het totaalbeeld wijst dus op een mogelijk grote kans op resistentie, maar ook op goede mogelijkheden om de ontwikkeling ervan te voorkomen. Het handhaven van genoeg gevoelige individuen in de populatie kan daarbij helpen: de teler moet dan voldoende exemplaren laten ontsnappen. Het jaar in jaar uit meermalen spuiten om toch een maximale doding te bereiken lijkt in dit geval dan ook onverstandig.

Tarwe - meeldauw - fenpropimorf

Bij fenpropimorf (Corbel) tegen meeldauw in tarwe lijkt bij één of hoogstens twee toepassingen per teeltseizoen het risico op resistentie vrij laag. Dat is immers relatief weinig in vergelijking met de zeer hoge voortplantingscapaciteit van de meeldauw. Past de teler het middel vaker toe, dan stijgt de kans op resistentie, maar omdat het om een geval van polygene resistentie gaat, verspreidt de resistentie zich langzaam.

Fenpropimorf vormt met de werkzame stof epoxyconazool het nieuwe produkt Opus team, dat de strijd tegen schimmelziekten in tarwe moet aanbinden. Het valt niet mee een voorspelling te doen over resistentie-ontwikkeling voor de nieuwe situatie wanneer het gebruik van Opus team in tarwe volgt op één of meer keer Corbel spuiten. Het risico lijkt klein wanneer de teler hooguit één keer Corbel spuit, gevolgd door éénmaal Opus team.



Tabel 3.2 De invloed van de diverse factoren op het ontwikkelen van resistentie in combinaties met een kans op resistentie in de toekomst.

	<i>Prei</i>	<i>Appel</i>	<i>Tarwe</i>	<i>Mais</i>
	<i>trips</i>	<i>fruitmot</i>	<i>meeldauw</i>	<i>hanepoot</i>
	<i>synthetische pyrethroïde</i>	<i>diflubenzuron</i>	<i>fenpropimorf</i>	<i>rimsulfuron</i>
Genetische factoren				
mutatiefrequentie R-genen	onbekend	onbekend	onbekend	hoog ¹
mono-/polygene res.	?	?	poly	mono
kruisresistentie	ja	?	nee	?
Populatiedynamiek				
grootte beginpopulatie	laag	matig	groot	groot
voortplantingssnelheid	zeer hoog (T>20°C)	matig	zeer hoog (15-20°C)	zeer hoog
aantal nakomelingen per indiv.	20-80 per vrouw.ex.	60-80 per vrouw. ex.	zeer hoog	10.000 per plant
aantal generaties per jaar	3 - 8	1 - 2	10 of meer	1
mobiliteit	hoog	matig	hoog	hoog
fitness res. indiv.	?	?	hoog	?
refugia	ja	?	ja	ja (nakieming)
alternatieve waardplanten	ja	nee	ja (opslag)	n.v.t.
Teeltsysteem				
open/gesloten	open	open	open	open
wissel-/continueelt	wissel	continu	wissel/continu	continu
één-/meerjarig gewas	één	meer	één	één
Operationele factoren				
werkingsmechanisme	zeer specifiek	zeer specifiek	specifiek	zeer specifiek
type werking	contact/ingestie	contact/ingestie	systemisch	systemisch
gevoelige levensstadia	larve + adult	ei/larve	jonge meeldauw	kiempl. - 1,2 uitlopers
werkingsduur	?	1 - 2 mnd.	3 - 4 wk.	2 - 4 dg.
resistentiemechanisme	?	?	onbekend	specifiek
aantal toepassingen per jaar	ca. 15 (0 - 35)	1 - 2	1 - 2	1 - 2
trefkans	matig	hoog	< 90 %	zeer hoog
% doding	matig	hoog	< 90 %	≤ 100 %
Kans op resistentie	laag - matig	matig - hoog	laag - matig	matig - hoog

Algemeen: de donkere vlakjes geven aan dat het om een risicofactor gaat.

1 niet exact bekend, gebaseerd op schatting.



3.3 Hoe ontwikkel je een optimale strategie

Hoofdstuk 2 gaf al in grote lijnen aan hoe een teler een goede strategie voor resistentiemanagement kan opbouwen. De voorbeelden uit de tabel voegen daar nog eens praktische informatie aan toe. Al met al leidt dat tot de volgende richtlijnen voor een optimale strategie.

1. Pas zo veel mogelijk preventieve gewasbescherming toe.

Preventieve gewasbescherming vergt een gevarieerde aanpak. De volgende maatregelen bieden de teler een aantal bouwstenen om ziekten en plagen zo veel mogelijk te voorkomen:

- zorg voor een goede bedrijfshygiëne die besmetting zo veel mogelijk voorkomt;
- zorg voor gezond uitgangsmateriaal om besmetting zo veel mogelijk te voorkomen. Overigens is dit nooit gegarandeerd 100 procent schoon. Een besmetting kan dus ook uit 'gezond' uitgangsmateriaal voortkomen, alleen is de kans daarop gering;
- hanteer een ruime vruchtwisseling die de kans op bodemziekten en -plagen vermindert;
- hanteer een aangepaste teeltkalender die ziekten en plagen voorkomt door een nauwgezette keuze van zaai-, plant- of oogstdata;
- bemest voldoende om voor een sterke groei te zorgen, zonder dat het gewas te gevoelig wordt voor ziekten en plagen, ofwel breng een evenwicht tot stand tussen 'opjagen' en 'rust gunnen';
- zorg voor een goede klimaatkeuze. Ook hier gaat het om een keuze die èn de groei sterk stimuleert èn de omstandigheden voorkomt waarin ziekten en plagen hun kans grijpen;
- kies rassen die minder gevoelig zijn voor de belangrijkste ziekten en/of plagen.

2. Pas zo veel mogelijk niet-chemische gewasbescherming toe.

De alternatieven voor chemische bestrijding verschillen nogal per sector, maar liggen over het algemeen niet voor het oprapen. Een paar voorbeelden:

- de mechanische bestrijding van onkruiden of bodembedekking met stro of papier;
- het branden van onkruiden;
- het opbrengen van stro tegen infectie van planten via opspattende gronddeeltjes (bijvoorbeeld in aardbeien en prei);
- biologische bestrijding van insectenplagen in kassen of fruitbomen door het actief inzetten van natuurlijke vijanden;
- biologische bestrijding door het sparen of bevorderen van de van nature aanwezige natuurlijke vijanden.

3. Houd de selectiedruk bij toepassing van een chemische bestrijdingsmiddel zo klein mogelijk.

De teler die resistentie wil voorkomen, moet zorgen dat hij bij chemische toepassingen de selectiedruk zo laag mogelijk houdt. Dat betekent het hanteren van de volgende richtlijnen.

Pas chemische bestrijdingsmiddelen zo min mogelijk toe en op zo'n klein mogelijk oppervlak.

Een goede methode in diverse teelten om het aantal chemische behandelingen zo veel mogelijk binnen de perken te houden, biedt de geleide bestrijding. Deze komt op het volgende neer: een ondernemer grijpt pas in wanneer het aantal aantasters een bepaalde dichtheid overschrijdt en/of de omstandigheden een te snelle ontwikkeling van de aantasters doen verwachten. Bij die tweede voorwaarde voor ingrijpen gaat het veelal om de weersomstandigheden (temperatuur, relatieve luchtvochtigheid, bladnatperiode enzovoort). De bepaling daarvan vindt dan vooral plaats om de kans op schimmelziekten te voorspellen. In diverse gewassen bestaan inmiddels systemen voor geleide bestrijding:

- in aardappel tegen Phytophthora / Rhizoctonia;
- in consumptie-aardappelen tegen bladluis;
- in ui tegen bladvlekkenziekte;
- in chrysant tegen mineervlieg;
- in appel tegen diverse insectenplagen en schurft;
- in koolgewassen tegen Mycosphaerella (kringvlekkenziekte)/koolluizen en -rupsen.

Geleide bestrijding vergt van de teler een scherpe waarneming van de populatiegroei en/of van de weersomstandigheden en wel op gezette tijden en volgens een standaardprocedure. Verder moet hij weten bij welke dichtheid (welke drempelwaarden) of welke omstandigheden hij chemisch moet ingrijpen om economische schade te voorkomen. Via geleide



bestrijding kan een boer of tuinder zijn bestrijdingsmiddelenverbruik omlaagbrengen.

Vermijd de voortdurende toepassing van middelen uit dezelfde resistentiegroep. Wissel af met middelen uit andere groepen of met specifiek werkende middelen (zie bijvoorbeeld Bijlage 3b).

Hoewel deze richtlijn het beste uitgangspunt biedt, zijn er een paar kanttekeningen nodig. Bij de insecticiden beschikt de teler slechts over specifiek werkende middelen. Er valt wel een indeling te maken in resistentiegroepen, maar veel insecten en mijten beschikken over een verhoogde ontgiftiging als resistentiemechanisme en zijn ongevoelig voor veel verschillende middelen. In de glastuinbouw zijn probleem-insecten zoals californische trips, 'rode luis' en mineervlieg daardoor resistent tegen diverse groepen middelen.

In enkele gevallen, met name bij fungiciden, krijgt de toepasser van de fabrikant het advies om kant en klare mengsels van middelen te gebruiken wanneer hij resistentieproblemen voor wil zijn. Meestal zitten er in zo'n mengsel één of twee specifiek werkende middelen en één specifiek werkend (en dus resistentie-ongevoelig) middel. Dat heeft als nadeel voor het milieu en voor de teler dat er onnodig veel werkzame stof verspooten wordt, doordat de gebruiker dan van de verschillende stoffen de volle dosering moet gebruiken, wil hij een goede werking verkrijgen. In het algemeen verdient daarom het afwisselen van middelen de voorkeur boven het gebruik van mengsels.

Zorg voor ontsnappingen van gevoelige individuen.

Een teler kan ervoor zorgen dat hij sommige plaatsen stelselmatig niet behandelt. Dat kan bijvoorbeeld door zones in te stellen die hij niet behandelt (bij rijenbehandeling van onkruiden gebeurt dat in feite). Gevoelige individuen kunnen dan in deze refugia overleven. Dat levert echter wel knelpunten op in de vorm van een grotere kans op herinfectie en gewaschade. Het zoeken van een evenwicht tussen deze nadelen en het risico van resistentie is vaak moeilijk. Een andere mogelijkheid voor de teler biedt het zó spuiten dat een deel van de plant niet met het middel in aanraking komt.

Samenvatting

Naast de gewas - aantaster - middel combinaties uit de tabel bestaan er tal van situaties waarin de telers niet om een continue en eenzijdige toepassing van bestrijdingsmiddelen heen kunnen. De bestrijding van bladluizen in pootaardappelen en de opkweek van plantmateriaal in het algemeen vormen bekende voorbeelden daarvan. Vooral voor deze situaties geldt één duidelijk advies voor teler en voorlichter/adviseur: ga serieus na of er alternatieven bestaan in de vorm van preventie en/of niet-chemische bestrijding. Laat het voorkomen van resistentie-ontwikkeling het uitgangspunt vormen voor de gewasbeschermingsstrategie. Bovendien moeten de teler en de voorlichter/adviseur voelsprietten ontwikkelen om speciaal in de risico-situaties de eerste tekenen van verminderde gevoeligheid van aantasters direct op te pikken.

De ondernemer die een goede resistentiestrategie wil opzetten, kan het volgende richtlijnschema hanteren:

- 1 Pas preventie toe.
- 2 Gebruik niet-chemische middelen.
- 3 Gebruik chemische middelen zo min mogelijk en op zo'n klein mogelijk oppervlak.
- 4 Wissel af met middelen uit andere resistentiegroepen of met specifiek werkende middelen.
- 5 Zorg voor ontsnappers.



Hoofdstuk 4. En als er resistentie opduikt, wat dan?

Voorkómen is het belangrijkste wapen tegen resistentie-ontwikkeling. Wanneer een teler eenmaal met resistentie zit, heeft hij maar een beperkt aantal mogelijkheden. Dit hoofdstuk zet die op een rij.

Er kan een lange tijd overheen gaan voordat er zo veel resistente individuen in een populatie zitten dat een teler of voorlichter het opmerkt. In het voorbeeld van de maïs - zwarte nachtschade - atrazin combinatie (uit het vorige hoofdstuk) duurde het ten minste tien jaar, maar voor de combinatie aardappel - Phytophthora - metalaxyl bleek één teeltseizoen voldoende. Wannéér een teler echter eenmaal merkt dat het middel minder goed werkt, zal het meestal weinig tijd kosten of de hele populatie trekt zich niets meer van het middel aan. In feite loopt de teler op het moment dat hij resistentie aantreft, al achter de feiten aan. Hij kan in zo'n situatie dan ook alleen nog maar zo snel en doeltreffend mogelijk reageren.

De praktijk laat zien dat de reactie meestal erop neerkomt dat telers die merken dat een middel minder goed werkt, dat middel steeds frequenter en in hogere doseringen toepassen. Ook wisselen ze het geregeld af met een ander middel, maar dit komt dan vaak uit dezelfde resistentiegroep (overigens zonder dat de teler zich dit realiseert). Het effect van deze maatregelen is echter alleen maar een versneling van de opbouw van de resistentie. Het selectievoordeel voor de ongevoelige individuen wordt steeds groter en de teler komt in een negatieve spiraal terecht van steeds hogere kosten voor (een of meer) middelen die steeds minder werken.

Is het wel resistentie?

Een eerste signaal krijgt de teler wanneer hij merkt dat een middel minder goed werkt. Maar ligt het aan het middel of aan de toepassing? Bij de toepassing kan behoorlijk wat mis lopen:

- de teler heeft een verkeerd middel gekozen;
- hij heeft een verkeerde dosis gehanteerd of gebruikte een verkeerde toevoeging;
- hij spoot op een verkeerd moment (op een ongunstig tijdstip of op het verkeerde moment in het besmettingsproces);
- hij hanteert een gebrekkige spuittechniek en/of minder geschikte apparatuur. Versleten spuitdoppen kunnen bijvoorbeeld ervoor zorgen dat het middel niet meer gelijkmatig overal in het gewas komt en dus 'minder goed werkt'.

Stap twee is het zoeken naar een objectief houvast. Dat vindt de ondernemer in ieder geval in zijn registratie. Daaruit kan hij halen wanneer en hoe vaak hij het middel heeft toegepast, of hij het middel continu of in afwisseling met andere middelen heeft gebruikt, en wat het middel normaliter voor effect heeft op de aantaster.

De volgende stap is een telefoontje naar de leverancier van de bestrijdingsmiddelen om te kijken of die raad weet. Deze kan eventueel de fabrikant van het produkt raadplegen voor verder advies. Mogelijk heeft die nuttige gegevens uit monitoring-onderzoek verkregen.

Stap vier is een proef: als de aantaster nog in het gewas zit, is het raadzaam een proefperceeltje te spuiten met de etiketdosering en onder optimale omstandigheden. Dat moet zowel met het minder werkzame middel gebeuren als met een middel uit een andere resistentiegroep. Overigens zal dit er in de praktijk meestal niet van komen en moet het onderzoek worden ingeschakeld.

Stap vijf is de alarmfase. Blijkt uit de voorgaande stappen dat de werkzaamheid van het middel inderdaad lager dan normaal ligt, dan is het hard nodig aan de bel te trekken bij de andere telers, de voorlichting, de handel in de regio en bij de fabrikant. Zij kunnen adviseren over wat en hoe de teler moet spuiten. Dat voorkomt mogelijk gewasschade en verlies van een toch niet werkzaam middel.

De enige manier om die spiraal te doorbreken is de hele teelt door te lichten en toe te werken naar een meer duurzame vorm van gewasbescherming. Die berust dan op een betere preventie en zoveel mogelijk op niet-chemische alternatieven. Biedt dit op korte termijn weinig mogelijkheden, dan kan de gebruiker niet anders dan heel zorgvuldig omgaan met de nog werkzame middelen. Dat betekent in het algemeen in ieder geval dat de teler direct met het bewuste middel moet stoppen. Afwisselend gebruik van middelen uit andere resistentiegroepen of resistentie-ongevoelige middelen kan dit mogelijk opvangen.

Stabiel of instabiel

De in Nederland bekende resistenties zijn meestal *stabiel*, dat wil zeggen dat het aandeel resistente individuen in de totale populatie gelijk blijft *of de teler nu stopt met spuiten van het bewuste middel of niet*. Het stoppen heeft in dat geval geen invloed op de overlevingskansen van de resistente individuen. Zonder het spuiten gedijen die minstens zo goed als hun gevoelige soortgenoten. Dit vormt een nachtmerrie voor de betrokkenen: het zal in de meeste gevallen niet lukken om een eenmaal aanwezige resistente 'kern' in een populatie weer de kop in te drukken.

Tegenover de stabiele resistentie staat de bijna zeldzame *instabiele resistentie*. In dit geval hebben de resistente individuen duidelijk minder overlevingskansen. Stopt de teler met het middel, dan doen de resistente individuen het minder goed dan hun gevoelige collega's. Hun aandeel in de populatie neemt dan ook in de loop van de tijd af.

Degenen die, wanneer er resistentie opduikt, hopen op de instabiele variant, wedden vrijwel altijd op het verkeerde paard: stabiele resistentie is de regel, instabiele resistentie de uitzondering.

Uit monitoring-onderzoek, waarbij de fabrikant regelmatig vaststelt hoe gevoelig een aantaster reageert op een middel, kan blijken of er sprake is van een resistente aantaster. Of de resistentie stabiel of instabiel is, kan volgen uit een laboratoriumonderzoek door de fabrikant, alleen zegt dat resultaat niet altijd alles over de veldsituatie.

Het kader EBR-resistentie en fitness geeft een voorbeeld van resistentie waarbij de betrokkenen (tevergeefs) op een instabiele resistentie hadden gehoopt. Het kader Resistente insecten en mijten in de glas-

EBR-resistentie en fitness

Ergosterolbiosyntheseremmers zijn belangrijke fungiciden. Bij verschillende ziekteverwekkers deed zich de afgelopen jaren een verminderde gevoeligheid voor tegen middelen uit deze groep. De suggestie bestond dat de minder gevoelige schimmels zonder bespuitingen een mindere fitness (levensvatbaarheid) zouden vertonen dan de meer gevoelige individuen en dat de resistente kern in de populatie langzaam zou verdwijnen.

Onderzoekers bekeken dit door verschillende stammen uit de VS en Duitsland van de schimmel *Pyrenophora teres* bloot te stellen aan triadimenol en propiconazool. Deze schimmel veroorzaakt bladvlekken in gerst. De resistentie tegen deze middelen bleek bij *P. teres* echter niet ten koste van de levensvatbaarheid te gaan. Dit is ook aangetoond in eenzelfde soort onderzoek aan isolaten van appelschurft in de staat New York. De conclusie luidt dan ook dat bij resistentie-management geen rekening mag worden gehouden met een mogelijke instabiele resistentie tegen EBR's.

(bron: Phytopathology 84-5, 1994)

tuinbouw laat zien hoever (stabiele) resistentie al is doorgedrongen in deze sector.



Resistente insecten en mijten in de glastuinbouw

De glastuinbouw kent vaak jaren achter elkaar hetzelfde teeltsysteem. Makkelijk voor de teler, maar ook prettig voor aantasters die zich lekker voelen in dit systeem. Zulke probleemaantasters gaan bijna niet meer weg: ze huizen vrijwel het jaar rond in het gewas en de opstand en veroorzaken voortdurend schade. De teler kan ze vaak alleen met veel chemische middelen te lijf gaan.

Voorbeelden

In de kassen blijken al heel wat aantasters resistent tegen verschillende insecticiden en acariciden. Voorbeelden bieden de californische trips, de nerfmineervlieg, bladluizen (katoenluis en rode luis), de floridamol en de wittevlieg (kaswittevlieg en tabakswittevlieg). Zelfs bij nieuwe groepen insecticiden heeft zich al resistentie voorgedaan.

De gevolgen hiervan zijn ernstig: het aantal beschikbare middelen is immers al klein en slinkt nu nog verder doordat sommige bestrijdingsmiddelen vanwege resistentie wegvallen. Zo is de strijd tegen nerfmineervlieg in radijs vrijwel opgegeven. In enkele gevallen brachten overigens geïmporteerde probleemsecten de resistentie met zich mee, zoals in het geval van de katoenluis en de tabakswittevlieg.

Tijdbom onder biologische bestrijding

De achteruitgang in werkzaamheid en de verspreiding van resistente subpopulaties door de Nederlandse kassen vormt ook een tijdbom onder systemen waarvan biologische bestrijding een onderdeel uitmaakt. Bijvoorbeeld door de import van resistente populaties kan een teler niet meer terugvallen op chemische correctiemiddelen die hij in noodgevallen kon gebruiken. Zo is buprofezin als correctiemiddel tegen kaswittevlieg onbruikbaar geworden.

Wat te doen bij resistentie?

Wanneer zich in de praktijk resistentie voordoet, zal die vrijwel altijd stabiel blijken te zijn. Echte oplossingen in die situatie zijn er niet. Verreweg het beste kan de teler daarom proberen alles in het werk te stellen om resistentie te voorkomen (zie voor suggesties het vorige hoofdstuk).

Is de resistentie echter eenmaal een feit, dan moet de teler, zoals de inleiding van dit hoofdstuk al aangaf, het gebruik van het probleemmiddel onmiddellijk stoppen. Voor noodzakelijk chemisch ingrijpen moet hij middelen uit andere resistentiegroepen kiezen of (wanneer die bestaan) resistentie-ongevoelige middelen gebruiken. Bij voorkeur wisselt hij deze twee af. Gebruik van een middel uit dezelfde werkingsgroep werkt in ieder geval averechts omdat hiertegen vaak hetzelfde resistentiemechanisme in werking treedt (kruisresistentie).

Mocht de resistentie instabiel blijken (wat zoals gezegd zelden voorkomt) dan kan het jarenlang niet-gebruiken van middelen uit de bewuste resistentiegroep de teler misschien wat baat opleveren: *mogelijk* komt de gevoeligheid van de aantasters weer op een acceptabel niveau terug.

Hoeveel tijd daar overheen gaat, hangt af van de concurrentiekracht van de resistente individuen en van de voortplantingscapaciteit en het aantal generaties per jaar van de aantaster. In het geval van *Phytophthora* en metalaxyl, dat in het kader op de volgende pagina ter sprake komt, verminderde de resistentie binnen enkele jaren. Maar dan gaat het wel om een aantaster die zich enorm snel vermenigvuldigt. Wanneer er elk jaar maar één generatie aantaster het licht ziet, duurt het heel wat langer voor de resistentie uit de populatie verdwenen is.

Mocht na al die jaren de gevoeligheid inderdaad weer terug zijn, dan doet de teler er verstandig aan een pro-actief resistentiemanagement te voeren door het middel beperkt en selectief toe te passen: het komt namelijk wel voor dat er in verhouding dan meer resistente individuen in de populatie zitten dan voorheen. Ook de producent van het middel zal zijn adviezen sterk op het voorkomen van resistentie toespitsen uit angst dat het middel anders zijn effectiviteit verliest (en dan minder goed zal verkopen).



Een uitzondering: de instabiele resistentie van *Phytophthora infestans* tegen metalaxyl

De resistentie tegen metalaxyl van de schimmel *Phytophthora infestans* ontwikkelde zich in één teeltseizoen en veroorzaakte zulke ernstige problemen in de aardappelteelt dat de fabrikant het middel onmiddellijk uit de markt nam.

De resistente stammen zijn zeer levensvatbaar. Ze gedragen zich agressiever dan de gevoelige stammen. Een knol-infectie door resistente *P. infestans* is daarom fataal voor de knollen: ze gaan volledig verloren. Daardoor verdwijnt grotendeels de overlevingsstructuur voor *Phytophthora*, wat herinfectie met resistente sporen in het volgende teeltseizoen voorkomt. Uiteindelijk overleven er daardoor veel minder resistente *Phytophthora* dan gevoelige.

De praktijk zat te springen om een goed *Phytophthora*-middel tegen beginnende infecties. Toen bleek dat de gevoeligheid van de populaties geleidelijk weer toenam na het stoppen met metalaxyl kon de fabrikant het middel na een aantal jaren opnieuw op de markt brengen. Het bleek dus om een instabiele resistentie te gaan.

De teler kan het middel nu echter uitsluitend in een mengsel (Ridomil Delta 47 WP) kopen. Aan het specifiek werkende metalaxyl heeft de fabrikant twee aspecifiek werkende contact-fungiciden toegevoegd. De advisering van Ridomil Delta 47 WP richt zich op toepassing wanneer het reguliere spuitinterval met de preventief werkende middelen bij aanhoudende infectiedruk is overschreden. Die overschrijding wijst erop dat het gewas mogelijk een infectie bevat, die de teler echter nog niet kan waarnemen. Het gaat dus om curatief gebruik om een startende infectie de kop in te drukken. Daarnaast zijn er maatregelen genomen en strikte voorwaarden geformuleerd om het ontstaan van resistente stammen te voorkomen:

- De teler mag per seizoen niet meer dan twee keer Ridomil spuiten en tussen deze twee bespuitingen mogen hooguit zeven dagen liggen. Het komt neer op een poging om in één klap alle *Phytophthora* te doden en daarna het middel voor de rest van het seizoen te verbieden om selectie van resistente individuen te voorkomen. De toepassing mag alleen plaatsvinden in een vitaal groeiend gewas.
- De teler mag niet in de teelt van pootgoed spuiten. Dit om te voorkomen dat mogelijk resistente stammen mee verhuizen met het pootgoed.

Overigens kost Ridomil nogal wat, zodat een teler zich wel tweemaal bedenkt voor hij het middel toepast.

Na de herintroductie heeft de fabrikant het gebruik van het middel enige jaren op de voet gevolgd en de werkzaamheid regelmatig proefondervindelijk vastgesteld. Dit zogenoemde monitoring onderzoek leverde onder andere als gegeven op dat de Veenkoloniën en de Flevopolders meer resistentie kennen dan het zuidwesten. Dit bleek steeds goed te verklaren uit het aantal malen dat telers Ridomil Delta toepasten. In de meeste gebieden kunnen de telers het middel met succes in noodsituaties gebruiken.



Hoofdstuk 5. Hoe vertelt u het de teler

Voorlichting en adviezen geven over resistentie management valt in de praktijk niet mee. Dit hoofdstuk beschrijft de problemen en de mogelijkheden.

5.1 Wat maakt de voorlichting zo moeilijk

Resistentie 'is geen probleem'

Veel telers hebben nog nooit met resistentie te maken gehad en dus zitten ze er niet mee. De gevaren, die op langere termijn spelen, lijken te ver weg. Adviezen in zo'n situatie over een ander en beter gebruik van chemische middelen hebben geen voedingsbodemp. De praktijk wijst uit dat de interesse zeer sterk toeneemt zodra de teler wèl met het probleem geconfronteerd is, maar het doel van pro-actief resistentie management is juist die situatie te voorkomen. Wil de voorlichter echter in de praktijk een ontvankelijk oor treffen, dan moet helaas het kalf vaak eerst verdrinken zijn.

Preventie grijpt diep in

De kern van pro-actief resistentie management ligt in preventieve gewasbescherming. Maar preventie grijpt vaak zeer diep in in de bedrijfsvoering: de vruchtwisseling verandert misschien, de teeltkalender verschuift enzovoort. Preventie zou eigenlijk een hoofdonderdeel moeten vormen van elke gewasbeschermingsstrategie, maar de praktijk is anders en een belangrijke reden daarvoor vormt de scheiding tussen advisering over de niet-chemische en over de chemische gewasbescherming. De teeltadviseurs van handelshuizen etc. richten zich op de niet-chemische gewasbescherming en laten de chemische middelen over aan de gewasbeschermingshandel en omgekeerd. De teler mag beide verhalen tot een fraai geheel integreren. Een helder verhaal over resistentie management vergt dan ook een afstemming op elkaar van de adviezen van de teeltadviseurs en de gewasbeschermingshandel.

Afhankelijkheid chemische bestrijding:

Lange tijd leefden voorlichting, handel en telers met idee dat er voor elke aantasting wel weer een nieuw middel voor een redelijke prijs op de markt zou komen. De produktie van allerlei gewassen kon stijgen mede door meer chemische middelen en een betere inzet daarvan. Het huidige vertrouwen in de chemische gewasbescherming is in al die jaren opgebouwd. Maar gaandeweg begon de keerzijde zich af te tekenen: een (in bepaalde teelten) enorme afhankelijkheid van chemische gewasbescherming. Het zal dan ook de nodige inspanning kosten om telers ervan te overtuigen dat er veel zorgvuldiger met middelen moet worden omgesprongen.

Samenwerking door concurrenten

Op de lange termijn hebben fabrikant en handel er meer baat bij wanneer een produkt lang op de markt blijft dan wanneer het korte tijd goed loopt, maar daarna van het toneel verdwijnt door een te frequent gebruik en een daaruit volgende resistentie. Het zo lang mogelijk beschikbaar houden van een produkt is de verantwoordelijkheid van de organisaties van de producenten van bestrijdingsmiddelen (Nefyto) en van de gewasbeschermingshandel (Rodis). Deze organisaties ondernemen nu ook actie om zoveel mogelijk één lijn te trekken richting teler door afspraken en overleg over strategieën van resistentie management. Het is in hun eigen belang wanneer telers-organisaties het onverantwoord promoten en verkopen van middelen zo nodig aan de kaak stellen.

Het middelenpakket wordt kleiner

Het aantal middelen waaruit de gebruiker kan kiezen, staat sterk onder druk. Dat komt door:

- een toename van de kosten voor de ontwikkeling en toelatingsprocedure van nieuwe bestrijdingsmiddelen;
- de hogere eisen aan middelen, waardoor er een kleinere trefkans bestaat om een nieuw produkt te vinden;



- de aangescherpte regelgeving, zowel nationaal als internationaal;
- het onbruikbaar worden van middelen door het ontstaan van resistentie.

Een kleiner middelenpakket ondermijnt de mogelijkheden voor resistentiemanagement. Het betekent dat een teler minder middelen heeft die hij selectief kan inzetten in geïntegreerde of biologische bestrijding. Ook heeft een teler minder mogelijkheden om middelen af te wisselen. Als uiterste consequentie doemt een situatie op waarin de boer of tuinder niet meer over de noodzakelijke chemische correctiemiddelen beschikt. Die situatie is in bepaalde teelten al (bijna) realiteit.

Dit betekent voor de voorlichting over resistentiemanagement dat het lange-termijnbelang (het behoud van zoveel mogelijk goede middelen) voor het korte-termijnbelang (bestrijding van de aantaster met de minst mogelijke inspanning en tegen de laagste kosten) moet gaan!

5.2 Mogelijkheden voor voorlichting

Bewustwording

Om het voorkómen van resistentie meer bij telers te laten leven is het aan te bevelen dat:

- adviseurs/voorlichters (vooral uit de gewasbeschermingshandel) in hun gesprekken over de aanpak van gewasbescherming voortdurend het risico op resistentie meenemen. Ook wanneer dat risico laag ligt. In bepaalde gewas-aantaster-middel combinaties hoeft de teler immers niets te doen om dat risico te vermijden. Meestal wordt dit door adviseurs als te vanzelfsprekend aangenomen;
- adviseurs/voorlichters en fabrikanten geregeld de combinaties op een rij zetten waarin een risico van resistentie bestaat;
- pro-actief resistentiemanagement een uitgangspunt wordt voor voorlichtingsboodschappen aan de teler;
- de teler meer kennis verkrijgt over resistentiegroepen van middelen en over het risico van resistentie-ontwikkeling en hoe hij hiermee om moet gaan.

Wees waakzaam

Voorlichters en adviseurs kunnen door regelmatig vragen te stellen over de effectiviteit van bestrijdingen een beeld krijgen van mogelijke risico-situaties. Houd die nauwlettend in het oog, liefst in nauw overleg met de teler: dat draagt bij aan de bewustwording en levert belangrijke informatie. Soms zal de producent van een middel besluiten de gevoeligheid van een middel nauwkeurig te volgen via monitoring-onderzoek. Attendeer de praktijk hier tijdig en open op om paniecreacties te voorkomen.



Bijlage 1. De rol van de verschillende belanghebbenden

De overheid

Op 1 januari 1993 veranderde het toelatingsbeleid van bestrijdingsmiddelen: de overheid liet vanaf dat moment de feitelijke beoordeling van de middelen over aan een onafhankelijke instantie, het College voor de Toelating van Bestrijdingsmiddelen (CTB). Dit CTB moet kostendekkend opereren, wat een fors prijskaartje hangt aan de toelating van bestrijdingsmiddelen. Dat zou fabrikanten ertoe kunnen bewegen minder snel nieuwe middelen op de markt te brengen.

Naast deze kostprijsverhoging doemen er nog andere bedreigingen op voor het beschikbare pakket bestrijdingsmiddelen. Elk middel zal een toetsing ondergaan aan milieucriteria en aan de Europese richtlijn voor residu-onderzoek. Die toetsing kan met zich meebrengen dat een aantal resistentie-*on*gevoelige middelen van de markt verdwijnt en dat daardoor het risico van resistentie-ontwikkeling in sommige teelten met een beperkt middelenpakket stijgt.

Bekeken door de ogen van een bestrijdingsmiddelenfabrikant behoren in Nederland vrijwel alle gewassen tot de 'kleine' toepassingen. Fabrikanten interesseren zich vooral voor de toepassingen in op wereldschaal omvangrijke gewassen (rijst, mais, tarwe enzovoort). In de kleine toepassingen komen daardoor alleen nieuwe middelen op de markt als deze afgeleid kunnen worden van grote toepassingen. Dat maakt het voor de Nederlandse situatie des te belangrijker dat nieuwe middelen een toelating krijgen en dat de al toegelaten middelen op de markt blijven. Dat kost geld en wie betaalt dat? De industrie zal er niets voor over hebben om toelating van onrendabele middelen aan te vragen of die op de markt te houden. De overheid kan dat al net zo min, waardoor het probleem op het bord komt te liggen van de belanghebbenden, het agrarische bedrijfsleven.

Het risico van resistentie-ontwikkeling vormt momenteel nog geen criterium bij de toelating van bestrijdingsmiddelen. Dit zal echter niet lang meer duren. Hoe de beoordeling eruit komt te zien blijft nog onduidelijk, maar het lijkt erop dat er voor resistentiegevoelige middelen een aanbeveling komt die het optreden van resistentie moet helpen voorkomen.

De fytofarmaceutische industrie

De industrie regelt zelf een groot aantal zaken die betrekking hebben op resistentiemanagement:

- Zij toetst de middelen vóór toelating op resistentiegevoeligheid en verandert eventueel de formulering.
- Ze blijft een middel na introductie in de praktijk via monitoring-onderzoek volgen.
- Ze meet regelmatig de gevoeligheid van de aan-taster voor het middel.

Daarnaast hebben de fabrikanten zich verenigd in 'Resistance Action Committees'. Elke groep van bestrijdingsmiddelen kent zijn eigen commissie; de IRAC voor insecticiden, de FRAC voor fungiciden, de HRAC voor herbiciden en de RRAC voor rodenticiden. Deze commissies verzamelen informatie over resistentie, besteden onderzoek naar resistentiemechanismen uit (of doen dat zelf) en stellen strategieën op tegen resistentie-ontwikkeling. Eén keer per half jaar verschijnt de 'Resistance Newsletter', die de laatste stand van zaken beschrijft en aanbevelingen van de commissies geeft over resistentiemanagement.

De voorlichting

De gewasbeschermingshandel heeft er evenals de overheid, het fytofarmaceutisch en agrarisch bedrijfsleven alle belang bij om resistentie te voorkomen. Zij laat die betrokkenheid vooral merken door gerichte voorlichting te geven aan telers over de resistentierisico's die aan het gebruik van bestrijdingsmiddelen kleven. Naast voorlichting kan de handel ook, doordat ze de knelpunten in de praktijk leert kennen, suggesties doen voor onderzoek naar die knelpunten.

Het geven van voorlichting over resistentie(management) is uiteraard niet alleen weggelegd voor de handel, maar zal ook in het takenpakket van alle andere voorlichtende instanties terecht moeten komen via geëigende kanalen als vakbladen, studieclubs en individuele voorlichting.



Bijlage 2. Begrippenlijst

aangrijpingspunt	Punt in een levensproces waar een bestrijdingsmiddel op inwerkt
aspecifiek werkend	Op meerdere punten de levensprocessen van een organisme verstorend.
bedrijfshygiëne	Alle maatregelen die erop gericht zijn om de introductie of uitbreiding van een ziekte, plaag of onkruid zo mogelijk te voorkomen of te beperken.
biologische bestrijding	Een bestrijdingssysteem, waarbij uitgegaan wordt van het inzetten van levende organismen.
effectiviteit	Het deel van de populatie aantaster dat een bestrijdingsmiddel onder gedefinieerde omstandigheden kan doden.
fitness	Fitness of levensvatbaarheid is de mate waarin individuen met een bepaald genotype binnen een systeem overleven en zich met succes voortplanten.
geleide bestrijding	Een bestrijdingssysteem, waarbij aan de hand van waarnemingen pas tot bestrijding wordt overgegaan als een schadedrempel wordt overschreden. Deze schadedrempel is vaak gedefinieerd als een bepaalde dichtheid van de populatie van de aantaster of is gekoppeld aan weersomstandigheden.
geïntegreerde bestrijding	Een bestrijdingssysteem, waarbij verschillende gewasbeschermingsmaatregelen op elkaar zijn afgestemd. Deze maatregelen omvatten bedrijfshygiëne, cultuurmaatregelen, resistente gewassen, biologische-, fysische-, mechanische en chemische bestrijdingsmethoden.
gen	Een stukje van een chromosoom dat verantwoordelijk is voor één erfelijke eigenschap.
genotype	Het totaal van de erfelijke eigenschappen van een organisme.
kruisresistentie	Bij kruisresistentie leidt een mutatie in een gen niet alleen tot resistentie tegen één bepaald bestrijdingsmiddel maar ook tegen middelen waartegen hetzelfde resistentiemechanisme van toepassing is. Als het resistentiemechanisme berust op een verandering van de plaats van werking, dan beperkt de kruisresistentie zich tot middelen met een gelijk werkingsmechanisme. Berust het resistentiemechanisme op verhoogde afbraak, dan kan ook kruisresistentie tegen niet-verwante bestrijdingsmiddelen optreden.
monitoring	Het regelmatig vaststellen van de gevoeligheid van een aantaster voor een bepaald bestrijdingsmiddel.
monogene resistentie	Een mutatie in één enkel gen veroorzaakt een duidelijke, kwalitatieve toename in resistentie tegen een bestrijdingsmiddel.
multiële resistentie	In het resistente organisme zijn twee of meer genen aanwezig die onafhankelijk van elkaar leiden tot resistentie tegen verschillende groepen van bestrijdingsmiddelen. Deze vorm van resistentie is dus <i>geen</i> kruisresistentie.



niche	Een niche is op te vatten als een bestaansmogelijkheid voor een organisme in ruimte en tijd.
polygene resistentie	Deze resistentie wordt bepaald door mutaties in meerdere genen. Ieder betrokken gen veroorzaakt op zich een geringe mate van resistentie. Combinatie van deze resistentiegenen in één stam leidt tot een hogere resistentiegraad door een additief effect.
resistentie	Een duidelijke toename, berustend op erfelijke eigenschappen, van het aantal individuen van een populatie dat ongevoelig is voor een bepaald bestrijdingsmiddel.
resistentiegroep	Groep bestrijdingsmiddelen waartegen eenzelfde resistentiemechanisme werkzaam is.
resistentiemanagement	Het totaal aan maatregelen gericht op het tegengaan van resistentie-ontwikkeling in populatie van aantasters tegen bestrijdingsmiddelen.
resistentiemechanisme	Proces dat de resistentie (verminderde gevoeligheid) van een organisme tegen een bestrijdingsmiddel veroorzaakt.
R-gen(en)	Gen of genen waarop de resistentie berust.
selectiedruk	Mate waarin een bepaalde factor de overleving en voortplanting van bepaalde genotypen bevordert ten opzichte van andere. In dit document wordt selectiedruk steeds gebruikt als de <i>mate</i> waarin de toepassing van een bepaald bestrijdingsmiddel de overleving van ongevoelige (= resistente) individuen bevordert ten opzichte van de gevoelige individuen in de populatie.
specifiek werkend	Op één punt de levensprocessen van een organisme verstorend.
voortplantingscapaciteit	Mate van toename van een organisme. Dit is een resultante van de populatiedynamiek en de erfelijke eigenschappen.



Bijlage 3a. Indeling in chemische groepen

Werkzame stoffen voor bestrijding van schimmels: fungiciden

alkaancarbozuren

mierenzuur

anilidencarboxin
flutolanil**anorganische verbindingen**

zwavel

antibiotica

validamycine

azolen (EBR's)azaconazool
bitertanol
cyproconazool
difenoconazool
epoxiconazool
etridiazool
fenarimol
imazalil
myclobutanil
penconazool
prochloraz
propiconazool
pyrifenox
tebuconazool
triadimefon
triadimenol
triflumizool
triforine**benzimidazolen en verwante verbindingen**benomyl
carbendazim
diethofencarb
fuberidazool
thiabendazool
thiofanaat-methyl**benzonitrillen en verwante verbindingen**

chloorthalonil

biologisch preparaatStreptomyces griseoviridis
Verticillium dahliae Kleb.**captan (en verwante verbindingen)**captan
folpet
tolyfluanide**carbamaten**chloorprofam
profam
propamocarb-waterstofchloride**carbonitril verbindingen**

dithianon

dicarboximideniprodion
procymidon
vinchlozolin**dinitroanilinen**

fluazinam

dithiocarbamatenmancozeb
maneb
metam-natrium
metiram
thiram
zineb
ziram**fenylamiden**furalaxyl
metalaxyl
oxadixyl**fosfor verbindingen (organische)**dichlofenthion
fosetyl-aluminium
malathion
pyrazofos
tolclofos-methyl
triazofos**gechloreerde koolwaterstoffen (en verwante verbindingen)**

dicofol

guanidine verbindingendodine
guazatine**koper verbindingen**koperhydroxide
koperoxychloride**morfoïne verbindingen (EBR's)**dimethomorph
dodemorf
fenpropimorf
tridemorf**nitro verbindingen (organische)**dichloran
nitrothal-isopropyl**pyrimidine verbindingen**bupirimaat
pyrimethanil**thiadiazinen**

dazomet

tin verbindingen (organische)fentin-acetaat
fentin-hydroxide**ureum verbindingen**cymoxanil
pencycuron**diversen**azoxystrobine
bromuconazool
fenpiclonil
hymexazool
kresoxim-methyl
waterstofperoxide

Werkzame stoffen voor bestrijding van bacteriën: bactericiden

antibioticakasugamycine
streptomycine
streptomycine-sulfaat**koper verbindingen**koperhydroxide
koperoxychloride**quaternaire ammonium verbindingen**alkyldimethylbenzyl-
ammoniumchloride
alkyldimethylethylbenzylammonium-
chloride
didecyldimethylammoniumchloride



Werkzame stoffen voor bestrijding van insecten: insecticiden

acyl-ureum verbindingen

diflubenzuron
teflubenzuron

benzimidazolen en verwante verbindingen

thiofanaat-methyl

biologisch preparaat

Bacillus thuringiensis
Cydia pomonella granulosevirus
Spodoptera exigua-kernpolyedervirus
Verticillium lecanii

carbamaten

benfuracarb
carbaryl
carbofuran
ethiofencarb
fenoxycarb
methiocarb
pirimicarb
propoxur

carbamoyl-oximen

aldicarb
butocarboxim
butoxycarboxim
methomyf
oxamyl

dinitroalkylfenolen

DNOC

dithiocarbamaten

thiram

fosfor verbindingen (organische)

acefaat
azinfos-methyl
chloorfeninfos
chloorpyrifos
diazinon
dichlofenthion
dichloorvos
dimethoaat
ethoprofos
etrimfos
fonofos
fosalon
fosfamidon
heptenofos
malathion
methamidofos
methidathion
mevinfos
omethoaat
oxydemeton-methyl
parathion
parathion-methyl
pirimifos-methyl
pyrazofos
temefos
terbufos
thiometon
triazofos
trichloorfon
vamidothion

gechloreerde koolwaterstoffen (en verwante verbindingen)

dicofol
lindaan

fosfor verbindingen (organische)

diazinon
dimethoaat
malathion
omethoaat
parathion
parathion-methyl
pirimifos-methyl
triazofos
vamidothion

gechloreerde koolwaterstoffen (en verwante verbindingen)

dicofol
dienochloor

pyridazon verbindingen

pyridaben

nicotine verbindingen

imidacloprid

plantaardige extracten

pyrethrinen

pyridazon verbindingen

pyridaben

synthetische pyrethroiden

alfa-cypermethrin
bioallethrin
cyfluthrin
cypermethrin
d-empenthrin
deltamethrin
esfenvaleraat
fenothrin
fenpropathrin
lambda-cyhalothrin
permethrin
tefluthrin
tetramethrin

thiadiazinen

buprofezin

triazinen

cyromazine

diversen

abamectine
amitraz
codlemone
minerale olie
paraffine olie
piperonylbutoxide
pyriproxyfen
teerzuren en minerale oliën
triazamaat

Werkzame stoffen voor bestrijding van mijten: acariciden

acyl-ureum verbindingen

diflubenzuron
flucycloxuron

anorganische verbindingen

zwavel

benzilaten

broompropylaat

benzimidazolen en verwante verbindingen

thiofanaat-methyl

carbamoyl-oximen

butoxycarboxim
oxamyl

fosfor verbindingen (organische)

diazinon
dimethoaat
malathion
omethoaat
parathion
parathion-methyl
pirimifos-methyl
triazofos
vamidothion

gechloreerde koolwaterstoffen (en verwante verbindingen)

dicofol
dienochloor

pyridazon verbindingen

pyridaben

sulfiden en sulfonen

tetradifon

synthetische pyrethroiden

bifenthrin
cyfluthrin
fenpropathrin

tin verbindingen (organische)

azocyclotin
cyhexatin
fenbutatinoxide

diversen

abamectine
amitraz
chlofentazine
hexythiazox
tebufenpyrad
teerzuren en minerale oliën

**Werkzame stoffen voor bestrijding van onkruiden: herbiciden**

amino fosfonaten
glufosinaat-ammonium
glyfosaat
glyfosaat-trimesium

aniliden
diflufenican
metazachloor
metolachloor
propachloor
propryzamide

anorganische verbindingen
ferrosulfaat

azolen
amitrol
fenchlorazool-ethyl
imazamethabenz-methyl

benzoëzuren
chloorthal-dimethyl
dicamba

benzofuranyl alkaansulfonaten
ethofumesaat

benzonitrillen en verwante verbindingen
bromoxynil
broomfenoxim
dichlobenil
ioxynil

carbamaten
asulam
carbeetamide
chloorprofam
desmedifam
fenmedifam
profam

chinoline verbindingen
cloquintoceet-mexyl
quinmerac

cyclohexenon verbindingen
cycloxydim
sethoxydim

difenylethers
aclonifen
bifenox

dinitroalkylfenolen
dinoterb
DNOC

dinitroanilinen
pendimethalin

dipyridilium verbindingen
diquat dibromide
paraquat dichloride

dithiocarbamaten
metam-natrium

fenoxyzijzuren
2,4-D
MCPA

fenoxypropionzuren en -esters
clodinafop-propargyl
dichloorprop-p
fenoxaprop-p-ethyl
fluazifop-p-butyl
haloxyfop-p-methyl
mecoprop-p
propaquizafop
quizalofop-p-ethyl

pyridazine verbindingen
pyridaat

pyridazon verbindingen
chloridazon

pyridine verbindingen
clopyralid

pyridyloxyzijzuren verbindingen
fluroxypyr
triclopyr

sulfonylureum verbindingen
metsulfuron-methyl
rimsulfuron
thifensulfuron

thiadiazinen
bentazon

thiocarbamaten
EPTC
prosulfocarb
tri-allaat

triazinen
atrazin
desmetryn
prometryn
simazin
terbutryn
terbutylazin

triazinonen
metamitron
metribuzin

uracil verbindingen
lenacil

ureum verbindingen
chloorbromuron
chloortoluron
diuron
isoproturon
linuron
methabenzthiazuron
metobromuron
metoxuron
monolinuron

vetzuren
kaliumzouten van vetzuren
verzadigde vetzuren

diversen
amidosulfuron
benazolin
fluorglycofen-ethyl
isoxaflutool
n,n-diallyldichlooracetamide
sulcotrion
triflusalufuron-methyl

Bijlage 3b. Indeling in resistentiegroepen

Resistentiegroepen fungiciden/bactericiden

Hieronder staan van de fungiciden en bactericiden een aantal werkzame stoffen genoemd, waartegen resistentie kan optreden. Deze stoffen zijn in 23 verschillende groepen onderverdeeld; binnen elk van deze afzonderlijke groepen kan kruisresistentie optreden. De stoffen in groep 1, 3 en 12 lopen wat resistentievorming betreft een hoog risico; de stoffen in groep 15 - 20 lopen wat dit betreft een heel laag risico. Voor de overige groepen geldt een matig tot laag risico.

Groep 1

furalaxyl
metalaxyl

Groep 2

carboxin

Groep 3

benomyl
carbendazim
fuberidazool
thiabendazool
thiofanaat-methyl

Groep 4

dichloran
iprodion
procymidon
tolclofos-methyl
vinchlozolin

Groep 5

dodemorf
fenpropimorf
tridemorf

Groep 6

azoconazool
bitertanol
cyproconazool
fenarimol
imazalil
penconazool
prochloraz
propiconazool
pyrifenox
triadimefon
triadimenol
triflumizool
triforine

Groep 7

guazatine

Groep 8

pyrazofos

Groep 9

bupirimaat

Groep 10

fentin-acetaat
fentin-hydroxide

Groep 11

propamocarb

Groep 12

streptomycine

Groep 13

kasugamycine

Groep 14

fosetyl-aluminium

Groep 15

pencycuron
validamycine

groep 16

anorganische zwavel

groep 17

dithiocarbamaten en
bisdithiocarbamaten
mancozeb
maneb
metiram
natrium-dimethyldithiocarbamaat
thiram
zineb
ziram

groep 18

captan
dichlofluanide
folpet
tolylfluanide

groep 19

chloorthalonil

groep 20

koperverbindingen
koperhydroxide
koperoxychloride

groep 21

anilazine

groep 22

azoxystrobin
kresoxim-methyl

groep 23

diversen
cymoxanil
dithianon
etridiazool
hymexazool
nitrothal-isopropyl
trioxymethyleen

Resistentie groepen insecticiden/acariciden

Om resistentie te voorkomen kan men het beste middelen afwisselen uit de verschillende chemische groepen zoals deze in Bijlage 3a zijn aangegeven. Echter tussen de groepen van de carbamaten, de carbomyl-oximen, de organische fosfor verbindingen en de synthetische pyrethroiden is kruisresistentie gevonden!

**resistentiegroepen herbiciden**

Hieronder volgt een indeling van de herbiciden naar werkingsmechanisme zoals deze internationaal, inclusief de codering, door de HRAC is vastgesteld.

Groep A: remming van een enzym dat bij de bouw van vetzuren een rol speelt.

clodinafop-propargyl	haloxyfop-P-ethoxy-ethyl	quizalofop-P-ethyl
fenoxaprop-P-ethyl	haloxyfop-P-methylester	cycloxydim
fluazifop-P-butyl	propaquizaafop	sethoxydim

Groep B: remming van een enzym dat een rol speelt by de aminozuur synthese.

metsulfuron-methyl	thifensulfuron-methyl	imazamethabenz
rimsulfuron	triflusulfuron-methyl	

Groep C: remming van de fotosynthese. Dit kan via vier verschillende wegen wat de onderlinge kruisresistentie beperkt.

Groep C1

atrazin	simazin	lenacil
cyanazin	terbutylazin	chloridazon
desmetryn	terbutryn	desmedifam
prometryn	metamitron	fenmedifam
propazin	metribuzin	

Groep C2

chloorbromuron	isoproturon	monolinuron
chloortoluron	linuron	
diuron	metobromuron	

Groep C3

bromoxynil	bentazon
ioxynil	pyridaat

Groep D: Eveneens remming van de fotosynthese, maar nu in een geheel ander onderdeel.

diquat	paraquat
--------	----------

Groep E

remming van protoporphyrinogeen oxidase. Hierdoor worden vrije zuurstofradicalen in de plant gevormd.

aclonifen	bifenox	fluoroglycofen-ethyl
-----------	---------	----------------------

Groep F

Deze stoffen beïnvloeden de vorming van caroteen en leiden daardoor tot typische witkleuring. Het effect komt via 3 verschillende werkingsmechanismen tot stand.

Groep F1

diflufenican

Groep F2

sulcotrion

Groep F3

amitrol

Groep G

remming van de aminozuursynthese via de remming van EPSP synthase

glyfosaat	glyfosaat-trimesium
-----------	---------------------

Groep H

remming aminozuursynthese via remming van glutamine synthetase

glufosinaat-ammonium

Groep I

remming dihydropteroaat-synthase

asulam

