# **H10 Resistentiemanagement**

Gewasbeschermingsmiddelen moeten met beleid worden toegepast. Niet alleen vanwege gezondheid en milieu, maar ook om ervoor te zorgen dat het middel in de toekomst zijn werking behoudt. Door ondoordacht gebruik kunnen ziekten, plagen en onkruiden resistent worden tegen het middel.

In de moderne land- en tuinbouw is chemische bestrijding onontbeerlijk. De middelen dragen er toe bij dat er een kwalitatief hoogstaand eindproduct wordt afgeleverd. Of sterker nog, ze helpen een misoogst voorkomen. Er zijn in Nederland rond de 700 middelen toegelaten voor de bestrijding van ziekten, plagen en onkruiden gebaseerd op ongeveer 180 actieve stoffen. Deze stoffen zijn onder te verdelen in zogenaamde resistentiegroepen. Middelen die tot dezelfde resistentiegroep behoren, hebben een zelfde werkingsmechanisme. En daar schuilt het gevaar: het veelvuldig gebruik van middelen uit dezelfde resistentiegroep kan leiden tot verminderde gevoeligheid van de te bestrijden ziekten, plagen en onkruiden voor de gewasbeschermingsmiddelen. Vooral in de aardappelteelt, fruitteelt en glastuinbouw is de kans op resistentieopbouw groot.

**a. Erfelijk overdraagbaar**

Resistentie is een erfelijk overdraagbare verlaging van de gevoeligheid voor een gewasbeschermings-middel. Een populatie ziekteverwekkers, plaagorganismen of onkruiden bestaat nooit uit genetisch exact gelijke exemplaren. Het ene exemplaar verschilt genetisch van het andere. Dat betekent dat de gevoeligheid voor een werkzame stof per exemplaar verschilt. In zo’n populatie zal bij toepassing van de stof de overgrote meerderheid het loodje leggen. Enkele zullen echter overleven.

**b. Afwisselen**

Als men een middel heel intensief gebruikt, blijkt soms dat een middel helemaal niet meer werkt. We zeggen dan dat een plant of dier resistent is geworden tegen het middel. Als er vervolgens geen goed ander middel voor­handen is, kan een bepaald schadelijk organisme niet meer bestre­den worden.Resistentie kan men voorkomen door niet meer te spuiten dan echt nodig is en door regelmatig van middel te wisse­len; men geeft een schadelijk organisme geen kans om resistentie tegen een middel op te bouwen.

Wanneer steeds middelen uit dezelfde resistentiegroep worden gebruikt, wordt de ongevoelige groep blijvend ontzien. Het gevolg is dat deze groep zal uitbreiden binnen de populatie waardoor de bestrijding steeds moeilijker wordt. Het voorkomen van een hoge selectiedruk is de belangrijkste manier om resistentie te voorkomen. Dat kan door een gerichte middelenkeuze. Dit komt erop neer dat voor bestrijding van een bepaalde ziekte, plaag of onkruid steeds middelen uit verschillende resistentiegroepen worden gebruikt. Die gerichte middelenkeuze is één van de steunpilaren van resistentiemanagement.

**c. Middelen in blokken afwisselen**

Ter voorkoming van resistentie is het beter enkele malen achtereen hetzelfde middel (of middelen uit dezelfde resistentiegroep) in te zetten. Zo wordt vermeden dat de cyclus van een schimmel of een insect met verschillende resistentiemechanismen wordt geconfronteerd waardoor een snelle opbouw van resistentie mogelijk wordt. Spuit dus een middel een paar keer achtereen en neem dan pas een ander middel.

**d. Mengen: liever niet!**

Bij het mengen van middelen bestaat het gevaar dat resistentie optreedt tegen verschillende resistentiegroepen tegelijk (‘multipele resistentie’). Ook wordt de slechte werking vanwege resistentie tegen een van de mengpartners mogelijk niet opgemerkt waardoor het gevaar van multipele resistentie alleen maar toeneemt. Wordt er toch gemengd, zorg er dan voor dat:

1. beide middelen in de volledige dosering worden toegepast;
2. de werkingsduur van de middelen ongeveer gelijk is;
3. middelen worden gemengd die verschillende stadia bestrijden (bij insecticiden).

**e. Niet resistentiegevoelige middelen** Een bestrijdingsschema gebaseerd op niet resistentiegevoelige middelen is natuurlijk ideaal. Bij fungiciden zijn dit bijvoorbeeld Moncereen en AAterra ME en preventieve middelen zoals Multi en Previcur N.

**f. Teeltmaatregelen en bedrijfshygiëne** Door teeltmaatregelen (bijvoorbeeld gewasrotatie, niet overbodig bemesten) en bedrijfshygiëne kan de infectiedruk afnemen. Hierdoor zijn minder gewasbeschermingsmiddelen nodig. Dit vermindert de selectiedruk.

**g. Nuttige insecten** Bij aanwezigheid van nuttige insecten hoeft minder vaak te worden gespoten. Dit kan door het actief inzetten van nuttige insecten (glastuinbouw, fruitteelt), maar ook door de keuze van gunstige spuitmomenten of middelen die de van nature aanwezige populatie nuttige insecten sparen.

**h. Juiste doseringen en spuitintervallen** Vermijd te lage, maar ook te hoge doseringen. Dit leidt tot problemen in de toekomst. Bij EBR’s is het bijvoorbeeld bekend dat de toepassing van halve doseringen een snellere resistentieopbouw laat zien dan toepassingen met de volle etiketdosering. Bij te lange spuitintervallen kan zich een deel van een populatie herstellen en vermeerderen waarna pas weer een toepassing plaatsvindt op de volgende generatie. Dit moet vermeden worden.

**i. Resistentiemanagement is vooruitzien** Resistentiemanagement is meer dan afwisselen van middelen. Het is beter middelen uit verschillende resistentiegroepen toe te passen. Het is dus aan te raden om voorafgaand aan elk seizoen of elke teelt een plan van aanpak te maken waarin wordt gekeken naar mogelijkheden als teeltmaatregelen, bedrijfshygiëne en inzet van nuttige insecten. Hierbij dient u dan ook vooraf te bedenken dat inzet van bepaalde nuttige insecten de mogelijkheden van ingrijpen met geïntegreerde middelen beperkt.

**k. Werking van herbiciden** Resistentie van een onkruid ten aanzien van een herbicide is per definitie het erfelijke vermogen van een onkruid om te weerstaan aan een dosis van dit herbicide die normaliter resulteert in effectieve bestrijding. Resistentie tegen herbiciden is een relatief recent fenomeen. Wereldwijd is er tot op heden resistentie vastgesteld bij biotypen van 188 onkruidsoorten in 42 verschillen­de landen. Vooral het erfelijk karakter maakt van de resistentie een lastig en hardnekkig probleem. Bij het steeds smaller wordend middelenpakket mag men verwachten dat herbicidenresistente onkruiden in toenemende mate problemen zullen opleveren, zowel in de akkerbouw als in de fruitteelt en de boomkwekerij. Resistentie is een probleem voor ons allemaal. Het proberen te vermijden van resistentie is de goedkoopste oplossing, want resistentie kost geld.

Herbiciden doden of remmen planten op zeer verschillende manieren. Sommige remmen de fotosynthese (bijvoorbeeld de triazinen), andere remmen een specifiek enzym (bijvoorbeeld de sulfonylureumverbindingen). Op internationaal vlak is er een systeem ontwikkeld waarbij de herbiciden gegroepeerd worden volgens hun werkingswijze.

**l. Bestrijden van onkruiden en resistentie**

Bij tegenvallende onkruidbestrijding na een herbicidenbehandeling moet de oorzaak niet onmiddellijk bij resistentie worden gezocht. Er zijn nog tal van andere factoren van belang voor een succesvolle onkruidbestrijding:

* groeistadium van het onkruid;
* bodemomstandigheden;
* weersomstandigheden;
* keuze middel(en);
* toedieningwijze;
* tijdstip van toediening;
* schaduwwerking gewas.

Resistentie bij onkruiden treedt vooral op in continuteelt en nauwe vruchtwisselingen. In de maïs hebben we kennis gemaakt met resistentie tegen atrazin, in de graangebieden heeft men vooral problemen met duist en in de fruitteelt was er een brede resistentie tegen simazin.

**m. Preventieve maatregelen**

Het eerste wat we moeten doen is de selectiedruk verminderen door het gebruik van niet‑persistente middelen en het afwisselen van stoffen uit diverse groepen van werkzame stof. Met al deze factoren is in enkele gevallen onvoldoende rekening gehouden. Een goed voorbeeld hiervan was het gebruik van atrazin. Ook onder de oudere herbiciden zitten middelen, zoals 2,4‑D, die slechts kort werken en daarom bij voorkeur gebruikt zouden moeten worden. Het afwisselen van middelen moet bewust gebeuren. Het is zinloos om middelen met hetzelfde werkingmechanisme af te wisselen omdat ze daardoor dezelfde resistente onkruiden selecteren.

Uit het oogpunt van resistentie kan een goed uitgevoerde mechanische onkruidbestrijding zeer waardevol zijn. Ook rijenbespuiting en schoffelen zullen in de toekomst waarschijnlijk nog wel eens hun waarde bewijzen in de onkruidbeheersing.

# n. Resistentie bij schimmels

Ridomil debacle

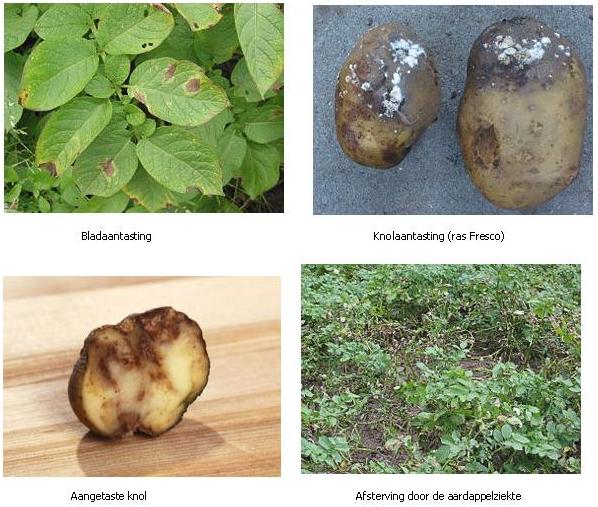
De resistentie tegen metalaxyl van de schimmel Phytophthora infestans ontwikkelde zich in één teeltseizoen zo massaal dat er zeer grote problemen ontstonden en het middel onmiddellijk uit de markt werd genomen. De pootgoedbehandeling tegen fusarium en zilverschurft geeft resistentie ontwikkeling steeds meer problemen. De bestrijding van afrijpingsziekten in granen is dankzij de komst van de strobys voorlopig weer veilig gesteld. De middelen uit de groep van de triazolen gaven al de nodige problemen. Twee jaar na de inzet van de strobilurines werd er echter al melding gedaan van mogelijke resistentie. Deze resistentie was het gevolg van een verkeerde inzet: ‘curatief in een verlaagde dosering’.

Voorbeeld van een schimmelaantasting in aardappelen

Phytophthora infestans of aardappelziekte is een schimmelziekte die in aardappelen enorme schade kan aanrichten. De ziekte is in het blad in het groeiseizoen herkenbaar aan de donkere vlekken. Deze vlekken zijn het gevolg van aantasting door de Phytophthora schimmel. Op het grensvlak van het afgestorven gedeelte en het gezonde gedeelte is meestal een zone herkenbaar waar de schimmel actief is. Onder vochtige omstandigheden, bijvoorbeeld op regenachtige dagen en na een nacht met veel dauw, is aan de onderzijde wit schimmelpluis zichtbaar.

Bij een zware Phytophthora aantasting kan onder gunstige omstandigheden binnen enkele dagen een groot deel van het bladapparaat afgestorven zijn. Op dat moment stopt de verdere productie van het gewas.

In een regenachtige periode kunnen schimmelsporen de grond indringen en knollen besmetten. Via de lenticellen komen de sporen binnen en veroorzaken myceliumgroei in de knol. Vaak dringen bacteriën aangetaste knollen binnen, waardoor knolrotting ontstaat.



**o. Doseringen**

Vaak wordt als risico aangevoerd dat het spuiten van lagere doseringen de ontwikkeling van resistentie van de schimmels tegen de fungiciden zou versnellen. Hierdoor zou de werking in het veld van deze fungiciden afnemen. Ervaringen in landen waar al jarenlang lagere doseringen worden geadviseerd en toegepast, wijzen echter niet in deze richting. Er is vooral 'resistentieontwikkeling’ als je lagere doseringen verkeerd toepast. In het algemeen is het risico van resistentieontwikkeling klein als je (met lagere doseringen) spuit in een situatie waarin de effectiviteit goed is. Dit aspect, dat ervoor moet zorgen dat fungiciden jarenlang goed werken, verdient dus zeker ook de aandacht naast de (financiële) opbrengst en de lagere inzet van fungiciden.

Alle aspecten bij elkaar genomen, moet een bespuiting zodanig zijn dat het fungicide goed werkt in de dosering waarin het wordt ingezet. Dan krijg je niet alleen een optimale (financiële) opbrengst, maar bereik je bovendien dat de fungiciden gedurende vele jaren hun werk blijven doen. Een systeem waarin op vaste gewasstadia met een verlaagde dosering wordt gespoten, voldoet daar niet aan. ***Kennis van het fungicide, de schimmel en resistentie zijn wel een vereiste om de***

***juiste keuzes te kunnen maken.***

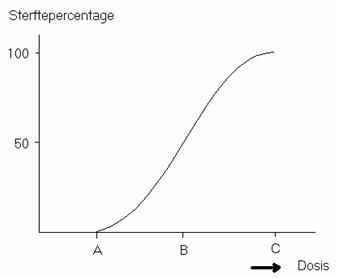
## p. Resistentieontwikkeling tegengaan

In de praktijk kunnen we de resistentieontwikkeling beïnvloeden door:

1. het afwisselen of mengen van fungiciden uit verschillende groepen van werkzame stoffen die geen kruisresistentie vertonen. Uit veel proeven blijkt dat het mengen van fungiciden veel voordelen biedt;
2. het aantal bespuitingen in een seizoen zo klein mogelijk te houden. Door het hanteren van de juiste schadedrempels is het aantal bespuitingen vaak te verminderen;
3. conventionele en alternatieve gewasbeschermingsmaatregelen te nemen zoals ruime vrucht-wisseling, de teelt van resistente rassen, rassenkeuze, vermindering van hoeveelheid stikstof;
4. het tijdstip van behandeling. Het optimale bestrijdingstijdstip ligt bij meeldauw meestal aan het begin van de aantasting. Een latere behandeling heeft meestal hogere eindaantastings-percentages tot gevolg, doordat de werkingsduur afneemt, evenals de effectiviteit van de werking;
5. de persistentie van het fungicide. Hoe langer een fungicide werkt, hoe langer ook de selectiedruk duurt waardoor het resistentierisico toeneemt. Het fungicide moet zo lang werken dat de levenscyclus van de ziekteverwekker beëindigd is, omdat anders de resistente stammen nog meer in het voordeel komen;
6. mutatiefrequentie: de mutatiefrequentie is onder meer afhankelijk van de grootte van de populatie, het middel en de dosering. Bij een monogene resistentie kan een verlaging van de dosering het resistentie niveau verlagen. In bepaalde gevallen kan dit gunstig zijn. Indien echter bij een monogene resistentie door een verlaagde dosering de mutatiefrequentie toeneemt en bij een meervoudige resistentie, moet men naar een LD 100+ dosering streven, een zogenaamde “overkill” om de opbouw van een resistente populatie tegen te gaan. De LD 100 dosering is geen vaste dosering, maar van diverse factoren afhankelijk.

q De Schimmels

Wanneer er geen resistentie tegen het middel bestaat, is door de genetische variatie binnen de populatie de LD niet voor alle organismen gelijk. De doding bij een toename van de dosering verloopt volgens een bepaald patroon. Door bewust een te lage dosering aan te houden, selecteren we binnen de populatie. Dit betekent dat we alleen die organismen overhouden die moeilijk te doden zijn. Hierdoor zullen de organismen steeds moeilijker te bestrijden zijn. Een dosering hoger dan 100% sterftepercentage, de zogenaamde ‘overkill’, kan deze selectie vertragen.



A = ‘no effect level’

B = LD 50

C = LD 100

Door de inzet van middelen kan dus niet alleen resistentie optreden, maar kan door selectie binnen de populatie de bestrijding moeilijker worden. Een bekend voorbeeld hiervan is de phytophthora. Door de komst van geslachtelijke phytophthora is de variatie binnen de populatie alleen maar toegenomen en door onze selectie wordt de bestrijding steeds moeilijker.

# r. Verschil phytophthora- populaties

“oud” “nieuw”

Temperatuur tolerantie

Minimaal 10°C 5°C

Maximaal 25°C 27°C

Gemiddelde generatieduur 10 dgn 7,7 dgn

Aantal generaties per jaar 19 25

## *f. Dosering fungiciden*

De werking van een aantal fungiciden is sterk afhankelijk van de weersomstandigheden tijdens de toepassing en kort daarna. Door de hogere effectiviteit van het middel onder die omstandigheden kan de dosering dan verlaagd worden. Soms kan dit oplopen tot 25%.

*g. Optimale toepassing fungiciden*

Contact-fungiciden:

* droog blad;
* droog en zonnig weer;
* midden op de dag.

Systemische fungiciden:

* RV 80-100% à 6-8 uur;
* Snelheid van opname: afhankelijk van formulering en temperatuur;
* Nog net dauwnat gewas;
* Daarna 15-22°C;
* RV > 80%.

Bovenstaand schema geeft in verband met doseringverlaging alleen maar aanwijzingen. Concrete waarden zijn door de complexiteit alleen maar via de computer vast te stellen.

**s. Risico van resistente bacteriën** Resistente bacteriën kunnen vooral ontstaan in omgevingen waar veel antibiotica wordt gebruikt zoals in ziekenhuizen. Het is nog onduidelijk hoe resistentie kan ontstaan buiten de ziekenhuizen. Het is onaannemelijk dat dit het gevolg is van alleen het gebruik van antibiotica via de huisarts.

Waarschijnlijk heeft antibioticagebruik in de veehouderij ook invloed op het ontstaan van resistente bacteriesoorten. Door gebruik van antibiotica in de veehouderij ontstaan niet alleen ziekteverwekkende bacteriën die resistent zijn. Ook normale darmbacteriën kunnen op grote schaal resistent worden. Als deze tijdens de slacht het vlees besmetten, kunnen deze resistente bacteriën via het vlees in de menselijke darm terechtkomen of resistentiegenen doorgeven aan de daar aanwezige (ziekmakende) bacteriën. Dit kan niet of moeilijk te behandelen infecties bij de mens veroorzaken.

*Risico bij infecties*

Als resistente bacteriën de oorzaak zijn van een infectie bij de mens, zijn diverse soorten antibiotica onbruikbaar omdat ze de bacteriën niet meer kunnen bestrijden. In die gevallen moeten er sterker werkende middelen of middelen met meer bijwerkingen worden gebruikt.

*Verschillen per groep*

Door het veelvuldig contact met de dieren zijn houders van slachtpluimvee vaak dragers van resistente bacteriën. In steden waar mensen alleen via vleesconsumptie in aanraking komen met bacteriën, is het percentage personen met resistente bacteriën lager. Aangezien vegetariërs niet in contact komen met vlees, komt bacterieresistentie bij die groep nog minder voor.