

## ***Phytophthora infestans*: Richtlijn voor management van fungicidenresistentie.**

### **Introductie**

De aardappelziekte veroorzaakt door *P. infestans* is de belangrijkste ziekte in aardappelen in Nederland.

Fungiciden zijn en blijven een belangrijk onderdeel van de bestrijdingsstrategie, tot 14-18 bespuitingen per seizoen.

De eerste fungiciden waren op basis van koperpreparaten die werden opgevolgd door de dithiocarbamaten (maneb, mancozeb) en de organotin-verbindingen. In de 70er jaren van de vorige eeuw werden specifiekere werkende fungiciden geïntroduceerd zoals cymoxanil en metalaxyl. Dit gaf een nieuwe dimensie aan de bestrijding van *Phytophthora* maar al snel ontwikkelde *P. infestans* resistentie tegen metalaxyl.

Tot voor kort werd er voor de beschikbare middelen relatief weinig aandacht besteed aan resistentie management.

Deze richtlijn geeft adviezen over maatregelen die genomen kunnen worden om het risico op het ontstaan van fungicidenresistentie te verminderen.

Van de op dit moment toegelaten fungiciden heeft *P. infestans* alleen aantoonbare resistentie ontwikkeld tegen metalaxyl-M (mefenoxam). Resistentie van *P. infestans* tegen metalaxyl werd in Nederland voor het eerst waargenomen in 1980, nadat het middel in 1979 voor het eerst was gebruikt. Als reactie op deze resistentieontwikkeling is een resistentie management strategie opgesteld waarbij het mengen met een niet resistentie gevoelig middel, het beperken van het aantal toepassingen én het afraden van eradicatief gebruik belangrijke onderdelen zijn. Momenteel is metalaxyl-M toegelaten in combinatie met mancozeb (Fubol Gold). Het product mag drie keer vroeg in het seizoen toegepast worden om het gewas preventief te beschermen tegen aantasting. Om verspreiding van resistentie met latent aangetast pootgoed te voorkomen is gebruik in pootgoed niet toegestaan. Monitoring laat steeds weer zien dat in het begin van het seizoen de populatie grotendeels gevoelig is terwijl dit later in het seizoen verschuift naar overwegend resistent.

In andere pathogenen en gewassen is resistentie waargenomen tegen fungiciden die gebruikt worden ter bestrijding van *P. infestans* (bijvoorbeeld koper, Qol en cymoxanil). Er is echter nooit resistentie van *P. infestans* gevonden tegen deze fungiciden. Ofschoon de dithiocarbamaten in effectiviteit zijn overtroffen door de nieuwere actieve stoffen, vormen ze nog steeds effectieve partners in het kader van effectiviteit en resistentie management.

### **Algemene richtlijnen voor fungiciden gebruik**

- Vermijd een te sterke afhankelijkheid van één fungicide groep
- Ontwerp bestrijdingsstrategieën die gebruik maken van belangrijkste eigenschappen van elke fungicide groep.
- Maak optimaal gebruik van fungiciden die *P. infestans* via verschillende werkingsmechanismen aanpakken (multisite fungiciden) zoals dithiocarbamaten, chloorthalonil, fluazinam
- Neem de aanbevelingen van de fabrikant met betrekking tot dosering, timing en spuitinterval in acht.

### **Wat is fungicide resistentie?**

Resistentie wordt over het algemeen voor het eerst opgemerkt als een fungicide geen effectieve bestrijding van de ziekte meer geeft. Het pathogeen dat de ziekte veroorzaakt is zo ongevoelig voor een fungicide geworden dat z'n werking in het veld negatief wordt beïnvloed.

Er zijn twee typen van fungicide resistentie.

1. als er één gen bij is betrokken (monogeen), zijn pathogenen of gevoelig of resistent en is de ziekte of wel of niet te bestrijden (bijvoorbeeld phenylamiden zoals metalaxyl-M). Verhogen van de dosering van het fungicide beïnvloedt de bestrijding van de ziekte niet.
2. als de resistentie polygeen is (gebaseerd op meerdere genen), bevat de pathogene populatie isolaten met verschillende gevoeligheden en kan de bestrijding verbeterd worden, op z'n minst tijdelijk, door de dosering te verhogen (bijvoorbeeld triazolen die worden gebruikt tegen graanziekten).

Resistentie treedt op door genetische mutatie. De mutatie kan in een erg lage frequentie al aanwezig zijn in de pathogeen populatie op het moment dat het fungicide wordt geïntroduceerd, of het kan pas daarna ontstaan. In beide gevallen zullen bij blootstelling van de pathogeen populatie aan het fungicide geleidelijk resistente isolaten geselecteerd worden en deze zullen langzaam de overhand gaan vormen. Dit is het punt waarop de resistentie opgemerkt wordt doordat het fungicide slechter werkt. Als seksuele recombinitie voorkomt in de levenscyclus van het pathogeen, kan een gedeelte van de nakomelingen minder gevoelig zijn.

Resistente isolaten kunnen soms minder fit zijn als het "gevoelige"-type en kunnen in frequentie afnemen als de selectiedruk wordt weggenomen als de werkzame stof niet meer wordt gebruikt. Dit maakt het mogelijk dat de werkzame stof op een latere datum weer wordt geherintroduceerd. In sommige situaties is het ook mogelijk om de werkzame stof te behouden door te combineren met een geschikte partner.

Kruisresistentie in een pathogeen treedt op als blootstelling aan één fungicide uit een groep ook inhoudt dat er resistentie is tegen fungiciden uit dezelfde groep, maar ook tegen middelen uit verschillende groepen. Meervoudige resistentie treedt op als een pathogeen resistent is tegen een aantal fungiciden uit meer dan één groep als gevolg van blootstelling aan verschillende fungiciden.

### **Algemene resistentie management richtlijnen**

Om de kans op de ontwikkeling van fungicide resistentie in een populatie te verminderen is het essentieel om vanaf het begin een anti-resistentie management strategie te hanteren. Als pas resistentie management wordt ingesteld als al resistentie is opgetreden, bestaat de kans dat deze niet effectief is.

Het eerste principe van iedere anti-resistentie management strategie zou het verminderen van het risico op ziekte moeten zijn door het toepassen van een goede landbouwkundige praktijk.

1. Een van de meest effectieve methoden om het risico op *P. infestans* te verminderen is het telen van rassen met een zo hoog mogelijke resistentie. Dit is echter lastig als klanten specifiek rassen vragen die erg gevoelig zijn voor *P. infestans*. De rasresistentie voor Nederlandse rassen staan vermeld in de Rassenlijst.
2. Vermijd als dit mogelijk is het telen van grote oppervlakten gevoelige rassen, speciaal op plaatsen met een historie van hoge risico's voor *P. infestans*. Het risico dat gewassen vroeg in het seizoen worden aangetast is niet alleen hoger, maar ook kunnen ze als infectiebron fungeren voor naburige gewassen.
3. Afvalhopen zijn een belangrijke bron voor vroeg inoculum. Vernietig alle afvalhopen. Noteer waar alle afvalhopen liggen en vernietig ze voordat ze uitlopen in het voorjaar. Afdekken met zwart plastic voorkomt de groei van de aardappelen. Ook kunnen de aardappelen worden doodgespoten met glyfosaat. Het is belangrijk de afvalhopen ook tijdens het seizoen te controleren op hergroei.
4. Bestrijdt aardappelopslag. Ofschoon deze meestal pas later in het seizoen wordt geïnfecteerd dragen ze daarom waarschijnlijk minder bij aan vroege epidemieën. Wel kan aardappelopslag inoculum leveren voor gewassen die verder zijn in hun ontwikkeling.
5. Gebruik NAK-gecertificeerd pootgoed. Gooi besmet pootgoed weg. Hoewel slechts 1 op de 200 besmette poters resulteert in een aangetast plant, kan 1% besmet pootgoed zorgen voor twee primaire haarden per hectare. Bij kritieke weersomstandigheden kunnen sporen vanuit deze primaire haarden het gehele gewas besmetten.
6. Start op tijd met de eerste bespuiting, let op de waarschuwing voor kritieke omstandigheden. Gebruik een beslissingsondersteunend systeem en kennis omtrent infecties in de regio om bespuitingen goed te timen.
7. Bepaal het spuitinterval op basis van kritieke omstandigheden, groeisnelheid van het gewas en eigenschappen van de fungiciden.
8. Gebruik geen fungiciden meer als het gewas ernstig is aangetast. Beter is dan het gewas dood te spuiten. Naast het voorkomen van knolaantasting wordt ook de besmetting van naburige percelen voorkomen.
9. Gebruik producten die werkzame stoffen bevatten met verschillende werkingsmechanismen of uit verschillende fungicide groepen of gebruik specifieke middelen in blokken in bepaalde groeistadia van het gewas.

Fungicide groepen	Werkingsmechanisme en mobiliteit	Werkzame stof	Product naam	Resistentie risico	Gebruik
Benzamide	Niet-systemisch. Preventief. Specifiek werkingsmechanisme. Remt $\beta$ -tubuline "assembly" in mitose.	zoxamide	In Unikat Pro (zoxium + mancozeb)	Geen resistentie waargenomen. FRAC:resistentierisico laag tot medium.	Unikat Pro mag maximaal 10 x per seizoen worden toegepast.
Carbamate	Systemisch. Meervoudige werkingsmechanismen. Beïnvloedt permeabiliteit van de celmembranen.	propamocarb-hydrochloride	In Tattoo C (propamocarb + chloorthalonil) In Infinito (propamocarb + fluopicolide)	Geen resistentie waargenomen. FRAC:resistentierisico laag tot medium	Tattoo C mag maximaal 6 x per seizoen worden toegepast. Infinito 4-5 x.
CAA	Locaal-systemisch. Werkingsmechanisme onbekend. Beïnvloedt celwand synthese.	dimethomorf benthiavalicarb mandipropamid	In Acrobat DF (dimethomorf + mancozeb) In Valbon (benthiavalicarb + mancozeb) In Revus (mandipropamid)	Geen resistentie waargenomen. FRAC:resistentierisico laag tot medium	De middelen dienen preventief te worden toegepast. Revus mag maximaal 6x per seizoen worden toegepast.
Cyano-acetamide-oxime	Locaal-systemisch. Werkingsmechanisme onbekend. Voorkomt diverse celprocessen waaronder ademhaling, productie van aminozuren en celwand permeabiliteit.	cymoxanil	In oa. Curzate M (cymoxanil + mancozeb) In Tanos (cymoxanil + famoxadone) In Aviso DF (cymoxanil + metiram)	Resistentie beschreven in andere organismen, niet in aardappelen. FRAC:resistentierisico laag tot medium	Deze middelen dienen preventief te worden toegepast.
cyanoimidazole	Beperkt systemisch. Specifiek werkingsmechanisme. Remt ademhaling en energie productie op de Qi-plaats.	cyazofamid	Ranman	Geen resistentie waargenomen. FRAC: onbekend resistentierisico, waarschijnlijk medium tot hoog	Dit middel dient preventief te worden toegepast. Niet vaker dan zes keer per seizoen toepassen, in twee blokken van drie toepassingen.

Fungicide groepen	Werkingsmechanisme en mobiliteit	Werkzame stof	Product naam	Resistentie risico	Gebruik
Diarylamine	Niet-systemisch. Preventief. Meervoudige werkingsmechanismen. Stopt energie productie van de cel.	fluazinam	Shirlan	Geen resistentie waargenomen. FRAC: laag risico	Dit middel dient preventief te worden toegepast.
dithiocarbamaat	Niet-systemisch. Preventief. Meervoudige werkingsmechanismen.	mancozeb maneb metiram	Dithane, Penncozeb Maneb In Aviso DF	Geen resistentie waargenomen. Al in gebruik sinds 1960. FRAC: laag risico	Deze middelen dienen preventief te worden toegepast.
phenylamide	Systemisch. Specifiek werkingsmechanisme. Grijpt in op synthese van ribosomaal RNA.	metalaxyl-M (mefenoxam)	In Fubol Gold (metalaxyl-M + mancozeb)	Resistentie trad op in 1980 waardoor werking belangrijk minder werd. Door resistentie-management nog steeds een rol in de bestrijding. FRAC: hoog risico	Alleen vroeg in het seizoen preventief gebruiken in een periode dat het gewas actief groeit, maximaal drie bespuitingen. Niet op pootaardappelen.
phthalonitrile	Niet-systemisch. Meervoudige werkingsmechanismen. Preventief.	chloorthalonil	Daconil In Tattoo C (chloorthalonil + propamocarb)	Geen resistentie waargenomen. FRAC: laag risico	Daconil mag maximaal 5 x per seizoen worden toegepast. Tattoo C 6x.
Qol	Locaal-systemisch. Specifiek werkingsmechanisme. Remt ademhaling op Qo-plaats.	azoxystrobine <sup>1</sup> pyraclostrobine <sup>1</sup> famoxadone fenamidone	Amistar In Signum (pyraclostrobine + boscalid) In Tanos (famoxadone + cymoxanil) In Sereno (fenamidone + mancozeb)	Resistentie waargenomen in een aantal andere pathogenen, bij <i>P. infestans</i> is geen resistentie waargenomen. FRAC: hoog risico op resistentie	Amistar en Tanos mogen maximaal 3 x per seizoen worden toegepast. Signum 4x (in 2 blokken van 2) en Sereno 6 x (in 2 blokken van 3) met tenminste één maal een middel met een ander werkingsmechanisme er tussen. In totaal mag er per seizoen 6 x een Qol worden toegepast. Gebruik van Amistar

<sup>1</sup>toegelaten voor

		bestrijding van Alternaria in aardappelen			tegen Rhizoctonia valt buiten dit maximum van 6 gewasbespuitingen per seizoen.
Acylpicolide	Preventief en translaminair. Delokalisatie van spectrine-achtige eiwitten	fluopicolide	In Infinito (fluopicolide + propamocarb)	Geen resistentie waargenomen. FRAC: resistentie niet bekend	Infinito mag 4-5 x per seizoen worden toegepast.