

# Ten geleide

Met groot genoegen brengt de Redactie van Gewasbescherming dit themanummer onder uw aandacht, dat geheel gewijd is aan Phytophthora in aardappel.

We hebben niet alleen getracht een volledig beeld te schetsen van al het onderzoek aan Phytophthora dat plaatsvindt, maar we hebben ook de *stakeholders* aan het woord gelaten, die de onderzoekresultaten gebruiken. Op deze manier hopen we u een volledig beeld te kunnen schetsen van de verschillende invalshoeken waarmee iedere betrokkene dagelijks bezig is met dé aardappelziekte.

Met het oog op de Wageningen UR slogan 'Science with Impact' hebben we eerst de telers, veredelaars, adviesdiensten en agrochemische industrie aan het woord gelaten. Zij geven duidelijk het maatschappelijke probleem aan van Phytophthora ('Impact'), wat ze er nu al aan doen, en de gewenste

oplossingsrichtingen waarvoor onderzoek ('Science') nodig is.

Om het onderzoek met een gezamenlijke focus van onderzoekers, sector en financiers vorm te geven zijn er de laatste jaren unieke publiek - private samenwerkingen ontstaan die het Phytophthora-onderzoek een geweldige stimulans hebben gegeven. Dit zijn het genomics-initiatief CBSG, de combinatie Masterplan- en Parapluplan Phytophthora en DURPh. In enkele artikelen geven de financiers vanuit sectoren en overheid hun mening over deze nieuwe samenwerkingsvormen.

Daarna komen de onderzoekers aan het woord die aangeven wat er in het Parapluplan tot nu toe is bereikt en wat de doelstellingen van DURPh zijn. Aan ieder thema van het Parapluplan is een artikel gewijd, in een reeks van korte termijn naar lange termijn onderzoek, voordat toepassing in de praktijk mogelijk is.

Als laatste laat onze vaste columnist zijn licht schijnen over Phytophthora en is er onze vaste rubriek over promoties, die deze keer ook aan Phytophthora gewijd zijn.

De redactie wil allen die hebben bijgedragen hartelijk danken. Doordat iedereen vanuit eigen visie, kennis en ervaring schrijft, is dit een uniek themanummer geworden. Er komt een verscheidenheid aan invalshoeken op het probleem Phytophthora naar voren, maar er blijkt één gemeenschappelijke focus: het streven naar duurzame beheersing van deze ziekte. In het bijzonder willen wij Geert Kessel bedanken die alles heeft gecoördineerd en met grote inzet ervoor heeft gezorgd dat dit themanummer tot stand kon komen.

Veel leesplezier toegewenst!

Redactie Gewasbescherming

[REDACTIONEEL

# Phytophthora van kwaad tot erger

Geert Kessel

Plant Research International, Postbus 16, 6700 AA Wageningen; e-mail: geert.kessel@wur.nl

Geachte lezer,

Voor u ligt Gewasbescherming nummer 5, een themanummer over *Phytophthora infestans*. Een oude bekende die nog steeds flink stof doet opwaaien. Voor menig plantenziektkundige was 'de aardappelziekte' of 'het kwaad', zoals de Nederlandse namen van deze ziekte luiden, tevens de eerste kennismaking met het latere vakgebied. Zo ging het ook bij mij: enige tijd geleden tijdens een open dag voor middelbare scholieren van de Landbouw Hogeschool Wageningen werd de studie plantenziektkunde geïntroduceerd met een, op sterven na, dode aardappelplant. De keuze was snel gemaakt. Dat ik me nu dagelijks met dit probleem mag bezighouden is grotendeels toeval maar spijt van mijn toenmalige keuze heb ik zeker niet, integendeel!

## Stof

Dat *P. infestans* regelmatig stof doet opwaaien is duidelijk: krantenkoppen als 'Riekoorlogen teisteren de Flevopolder' (de Volkskrant, zomer 2005) geven duidelijk aan dat we hier niet uitsluitend met een gewasbeschermingstechnisch probleem te maken hebben maar ook met een veelzijdig maatschappelijk probleem. Zelfs de naamgeving en schrijfwijze van deze ziekte, fytoftora in plaats van 'de aardappelziekte', doet al stof opwaaien. Lang geleden, rond 1845, deed dit pathogeen al stof opwaaien toen de aardappelziekte verantwoordelijk was voor een enorme hongersnood in Ierland. Deze gebeurtenis was destijds verantwoordelijk voor een emigratiegolf van Ieren naar Noord Amerika en daarmee voor een relatief groot Iers aandeel in de Amerikaanse smeltkroes van culturen.

## Problemen

Tegenwoordig liggen de problemen zowel op gewasbeschermingstechnisch als op maatschappelijk en politiek terrein. Voor gangbare telers is het op economische wijze Phytophthoravrij houden van het gewas de eerste prioriteit. Dat gebeurt door voorafgaand aan voorspelde kritieke perioden het gewas te beschermen met fungiciden. Hoe hoger de ziektedruk hoe meer fungiciden noodzakelijkerwijs ingezet worden. Als onverhoopt een voorspelde kritieke periode gemist wordt door wat voor oorzaak dan ook of er aantasting geconstateerd wordt, moet ingegrepen worden met zwaardere fungiciden die meer milieubelastend zijn. Dat we rond het eind van de zeventiger jaren van de vorige eeuw een nieuwe, agressievere *P. infestans*-populatie in Nederland mochten verwelkomen heeft de Phytophthorabeheersing er

niet makkelijker op gemaakt. Duurde het volbrengen van één cyclus de oude populatie 7-10 dagen, de nieuwe populatie doet het in 3 – 7 dagen. Biologische telers hebben buiten, beperkt effectieve, resistentere rassen geen mogelijkheden het gewas tegen aantasting te beschermen. Aantasting in een biologisch aardappelgewas is simpelweg het einde van het teeltseizoen. Het gewas moet bij overschrijven van een vastgesteld percentage aantasting, 'de HPA-norm', (deels) worden doodgebrand. Aangetaste percelen blijven echter verantwoordelijk voor menig meningsverschil tussen biologische en gangbare telers. Het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit werkt ondertussen aan het reduceren van de milieubelasting door de Nederlandse landbouw. Na introductie van de nieuwe *P. infestans*-populatie is het fungicidenverbruik tegen Phytophthora zeker niet afgenomen en bleven gangbare aardappeltelers volledig afhankelijk van fungiciden om een rendabele opbrengst te kunnen realiseren. Ofschoon de meningen verschillen over de impact van fungiciden op het milieu wordt de hoge inzet van fungiciden tegen *P. infestans* als een probleem aangemerkt.

INLEIDING

## Oplossingen?

Als oplossing wordt eigenlijk al sinds jaar en dag aangevoerd dat we resistente rassen nodig hebben. De genetische basis van de gewenste resistentie was en is het onderwerp van menig verhitte discussie. Tot op heden werd resistentie, verkregen uit *Solanum demissum*, bijna sneller doorbroken dan het kon worden geïntroduceerd. De huidige Phytophthora-beheersingsstrategie bestaat dan ook uit een complex van maatregelen gebaseerd op sanitatie, resistentie en de inzet van middelen die samen het probleem beheersbaar moe-

ten houden. Veredelingsprojecten waarbij, via klassieke veredeling of genetische modificatie, gebruik wordt gemaakt van een veelheid van bronnen van resistentie zijn veelbelovend maar fungiciden zullen nodig blijven. Zeker is slechts dat *P. infestans* een veelzijdig, flexibel pathogeen is dat zich snel aangepast aan nieuwe ontwikkelingen en dat ook zal blijven doen.

Bovenstaande schets van 'het Phytophthoraprobleem' is de ingang tot deze Gewasbeschermings-special. Al snel na de oorspronkelijke vraag dit thema-nummer te gaan maken

ontstond het idee om de verschillende belanghebbenden, *stakeholders* in modern jargon, aan het woord te laten over hun beleving van het Phytophthoraprobleem. Zo ontstond deze uitgave met bijdragen uit de praktijk, belangengroeperingen, overheid en onderzoek die allemaal hun licht over Phytophthora laten schijnen. Naar mijn bescheiden mening een mooie illustratie van 'plantenziektkunde en maatschappij' en een mooie weergave van een speelveld vol met belangentegenstellingen maar met eenzelfde doel: beheersing van de aardappelziekte.

INLEIDING

## Gewasbeschermingsmanifestatie 2008

# Wetenschap ontmoet praktijk

Het laatste decennium is een tweedeling aan het ontstaan tussen het wetenschappelijk vakgebied van de plantenziektkunde enerzijds en de gewasbeschermingspraktijk en het praktijkonderzoek anderzijds. Het nadeel van deze specialisatie is dat betrokkenen elkaar steeds minder vaak tegenkomen en weinig inzicht hebben in hoe hun expertises op elkaar aansluiten. Met deze Gewasbeschermingsmanifestatie wordt gepoogd deze kloof te overbruggen d.m.v.

- thematische sessies waarbinnen wetenschap en praktijk(onderzoek) een plaats hebben
- informatie over werken in het bedrijfsleven gericht op AIO's en postdocs
- informatiestands en posterpresentaties, waardoor bedrijven, organisaties en onderzoekers zichzelf kunnen presenteren

22 mei 2008, Reehorst Ede

Info: [jan-kees.goud@wur.nl](mailto:jan-kees.goud@wur.nl)

# De invloed van het kwaad op een akkerbouwbedrijf

Henk Scheele

Akkerbouwer Hoeksche Waard (honderd hectare akkerbouw), Lid vakgroep akkerbouw LTO (portefeuille gewasbescherming), Lid commissie teelt HPA, Eerste kruisweg 15, 3295 LG 's-Gravendeel, Tel.: 06-22905415

**Phytophthora infestans is denk ik wel de meest ingrijpende plantenziekte op een akkerbouwbedrijf. We weten allen dat de ziekte verantwoordelijk was voor een immense hongersnood in Ierland (1845-1851). Het is haast niet te geloven dat, ook nu nog, deze ziekte gedurende het groeiseizoen van de aardappelen en als het tegen zit ook nog daarna, een belangrijk deel van het doen en laten van de akkerbouwer bepaalt.**

Vroeger was het simpel: maandag spuiten tegen 'het kwaad' en dan was je er voor de rest van de week vanaf. Dat is nu wel anders. Niet alleen is het kalender-spuiten achterhaald vanwege milieuoverwegingen, het is ook niet meer een garantie dat je vrij blijft van de aardappelziekte. Sinds de ziekteverwekker zich ook geslachtelijk heeft leren voortplanten is het met de betreffende rust gedaan. Een dagje plannen om boodschappen te doen met het gezin, is er niet meer bij. Wil je 's ochtends vertrekken om met zijn allen gezellig naar de stad te gaan, bestaat de mogelijkheid dat je gebeld wordt. "Geachte aardappelteler...." klinkt het streng aan de andere kant van de lijn. Dan weet je het al: foute boel. "Ga maar zonder mij, ik moet eerst de aardappels spuiten." Geweldig zo 'n waarschuwingdienst, maar leuk is anders. Ook vooruitstrevende boeren ontkomen er niet aan: 's avonds zegt je beslissingsondersteunende systeem dat je de volgende dag gerust weg kan. Maar de andere ochtend heeft het systeem zich bedacht en wordt dringend geadviseerd om onmiddellijk te gaan spuiten.

Hoe meer middelen wij ontwikkelen, hoe beter de spuittechniek wordt, hoe beter ook de waarschuwingssystemen worden: hoe agressiever de ziekteverwekker wordt. *P. infestans* weet zich te handhaven op aardappelen gedurende de winter in afvalhopen, bewaarplaatsen, opslagplanten en in de grond. Vroeger wist je dat er geen gevaar was als de temperatuur onder de tien graden bleef, nu lacht de ziekteverwekker daar om.

Op alle gebieden hebben we vooruitgang geboekt. De onkruidbestrijding doen we met een fractie van de hoeveelheid chemische middelen die we twintig jaar geleden nodig hadden. Ziektebestrijding in granen, idem dito. Deze geïntegreerde aanpak werkt bij *Phytophthora* alleen door preventieve maatregelen. Afvalhopen afdekken, opslag bestrijden, goed uitgangsmateriaal gebruiken en preventief spuiten. Het afdekken van de afvalhopen is zo belangrijk dat het Hoofd Productschap Akkerbouw een verordening gemaakt heeft, waardoor het strafbaar is om na 1 april een onafgedekte

aardappelhoop op je bedrijf te hebben.

Door de bijzonder grote verspreiding van de sporen ontstaat er elk jaar weer spanning tussen gangbare telers en biologische telers. Biologische telers spuiten niet en krijgen op een gegeven moment *Phytophthora* in hun aardappelen. Ze zijn op dat moment een besmettingsbron voor omliggende percelen. Gangbare telers zien het liefst dat dit besmette loof zo snel mogelijk vernietigd wordt. Biologische telers denken daar anders over, zij hebben rassen gekozen met een hoge knolresistentie. Met andere woorden: het gewas kan nog wel even doorgroeien en meer kilo's maken. De knollen worden toch niet ziek. Als de biologische telers aangesproken worden op hun verantwoordelijkheid om het loof te vernietigen krijg je vaak te horen dat de besmetting van gangbare percelen gekomen is. Biologische telers hebben immers veel resistentere rassen. Vroeger geloofde ik dat. Nu niet meer. Het pootgoed dat zij gebruiken is namelijk ook biologisch geteeld, met het gevaar dat een besmette biologisch geteelde poter vanuit het perceel de rest besmet.

Dankzij het Masterplan *Phytophthora* zijn er nu duidelijke afspraken over het tijdstip van loofvernietiging. Iedereen dient zich daaraan te hou-

ARTIKEL



den. Bij de eerste overtreding ontvang je een gele kaart. Bij elke volgende een rode, met een boete. Dit geldt voor alle aardappeltelers. 'Het kwaad' heeft dus in vele

opzichten een grote invloed op de hedendaagse moderne bedrijfsvoering. Niet alleen teelttechnisch, maar ook sociaal en zeker ook financieel. Het zou me dan ook heel wat waard zijn als

we totaal van deze ziekte verlost zouden zijn. Er zou elk jaar voor een vermogen bespaard kunnen worden, we kunnen weer zorgeloos met het gezin op stap en het is ook wel goed voor het milieu.



*Figuur 1. Aardappelhoop met sporulerende Phytophthora. In het nevenliggende perceel werd genetisch identieke Phytophthora aangetroffen.*

# Phytophthora en de biologische teelt

Thieu Verdonschot en Sjaak Dudink

Biologische telers, e-mail: s.dudink@solcon.nl

**De poot- en consumptieaardappelteelt neemt in het biologische bouwplan een belangrijke plaats in. Echter in vergelijking met de gangbaar geteelde oppervlakte neemt de biologische aardappelteelt met een kleine duizend hectare een bescheiden plaats in, waarbij het grootste areaal wordt geteeld in de Flevopolders. De grootste bedreiging voor de biologische aardappelteelt vormt nog altijd de ziekte Phytophthora welke bijna jaarlijks een discussie oplevert tussen gangbare en biologische telers over de bestrijding hiervan. Deze discussie dateert al van de jaren dat de biologische landbouw sterk in omvang toenam, ruwweg de jaren negentig.**

## **Zijn we te ver doorgeschoten?**

Interessant is om even in te gaan op de achtergronden van deze ziekte. Voor nagenoeg alle probleemziekten in de landbouw is er vanuit de biologische landbouw een (min of meer) afdoende oplossing gevonden: ofwel door middel van resistentieveredeling (lieft een brede horizontale resistentie, gebaseerd op meerdere genen, die minder snel doorbroken wordt) ofwel door teeltmaatregelen (vruchtwisseling, stimuleren van natuurlijke vijanden, aangepaste bemesting etc.), maar altijd gericht op het streven naar evenwicht en/of balans. De ziekte wordt dus een (bescheiden) plaats gegeven binnen het geheel, in plaats van uitgeroeid (wat nooit succesvol is gebleken).

Waarom is dit bij de meeste probleemziekten wel gelukt maar is het zo moeilijk bij Phytophthora? Een reden kan zijn dat het gewas te ver is doorveredeld. Te lang is gelet op zaken als op-

brengrst, bakkwaliteit, resistentie tegen diverse ziekten (te weinig tegen Phytophthora want daar waren middelen tegen), bewaarbaarheid, blauwgevoeligheid etc. Kortom een multifunctioneel product dat aan (te) veel eisen moest voldoen. Ondertussen zijn we daaraan gewend geraakt (vanuit de afnemers) en zal het moeilijk zijn de klok weer terug te draaien naar een gewas wat minder optimaal is maar met nog een "gezonde" resistentie tegen Phytophthora.

## **Hoge milieubelasting**

Vanuit de zorg om de hoge inzet van chemische middelen in de landbouw, is er indertijd het MeerJarenPlan Gewasbescherming opgezet. In dit plan trachtte men het gebruik van chemische middelen fors te reduceren. Door het verbod van een aantal Phytophthora-middelen en gerichtere inzet van de nog beschikbare middelen enerzijds en de opkomst van aardappelteelt op biologische wijze anderzijds ontstonden er

bij het optreden van de ziekte gedurende het groeiseizoen al snel vaak gespannen situaties tussen biologische en gangbare telers.

Vanwege de door de overheid opgelegde verplichting om de milieubelasting te halveren in vergelijking met de jaren 1996-1998 heeft men destijds speciaal het Masterplan Phytophthora opgezet, omdat het gebruik van chemie in de aardappelteelt zeer hoog was. Een belangrijk element in dit plan was de aanpak en bestrijding van initiële bronnen. Deze aanpak, met name de bestrijding van afvalhopen en opslagplanten is voor de biologische aardappelteler van groot belang. Er kan gesteld worden dat er juist door de biologische aardappelteler, die dit altijd heeft benadrukt, een grote bewustwording is ontstaan van het gevaar van deze besmettingsbronnen. Chemische bestrijding is in de biologische teelt uiteraard niet mogelijk. De biologische teler maakt gebruik van een ruime rotatie (geen oösporen), sterke rassen in loof en knol en een lage (N-) bemesting ter voorkoming van Phytophthora. De vaak beschuldigende vinger naar de biologische aardappelteler als veroorzaker van de vroege Phytophthora-besmetting blijkt volgens recent onderzoek van PRI en Dacom niet terecht.

Pas wanneer de allerhoogste prioriteit wordt gegeven aan het voorkomen van de eerste besmettingsbronnen, de gangbare teler op een uitgekiend moment en op een juiste manier de Phytophthora-bestrijding weet uit te voeren en de biologische teler op tijd zijn aangetaste gewas vernietigt, zal er sprake zijn van het beheersbaar houden van de ziekte en kunnen beide teeltmethoden prima naast elkaar bestaan.

# De aardappelziekte: Hide and seek in de polder

Rob Besteman

Teeltadviseur

Profyto BV, Postbus 1077 8304 AB Emmeloord; e-mail: r.besteman@profyto.nl

**De Noordoostpolder karakteriseert zich door zijn tekentafelachtige lijnen. Wanneer u met Google Earth inzoomt, ervaart u wellicht de gedachtegang van de vooroorlogse ontwerpers van de polderwerken: efficiënt ingedeelde kavels en boerenerven. Met de Wieringermeer als voorganger viel de Noordoostpolder in het begin van de oorlogsjaren droog. De bezettingsmacht van die tijd was zeer gebrand op het doorgaan van activiteiten in de Noordoostpolder omdat dit als een van de belangrijkste gebieden werd gezien voor de voedselvoorziening in de komende jaren. Vele ouderen die nu nog in leven zijn kunnen boeiend verhalen over die periode. Vandaag de dag vormt de Noordoostpolder nog steeds een belangrijk akkerbouwgebied waarin de aardappelteelt een zeer belangrijke rol speelt. Emmeloord wordt niet alleen gezien als centrum van de Noordoostpolder maar ook als centrum van de aardappelwereld. We zijn er dan ook trots op dat er tot nu toe drie maal het World Potato Congress met uitgebreide beurs in ons gebied georganiseerd is.**

## **Aardappelen in het bouwplan en de afzet**

De aardappelteelt in de Noordoostpolder is veelzijdig. In ons gebied kennen we zowel gangbare (geïntegreerde) als biologische (ecologische) telers. In de bouwplanrotatie van de gangbare teelt wordt 25-33% gevuld met aardappelen. Bij biologische telers is het aandeel aardappelen in het bouwplan veelal 12%. Er is zowel consumptieteelt als pootgoedteelt. De consumptieteelt is zowel ten behoeve van de vroege en late tafelaardappelconsumptie als ook voor de fritesindustrie. Aardappelgroothandelaren en kleinere AGF-handelaren zijn van oudsher actief in dit gebied. Sterk vertegenwoordigd zijn McCain en Korteweg (Aviko). Daarnaast zijn andere, kleinere handelaren actief, zoals v. d. Linde te Emmeloord.

De pootaardappelteelt is uniek in ons gebied. Door de expertise van de telers wordt hier hoogwaardig pootgoed geteeld wat wereldwijd zijn weg vindt. Nagenoeg alle aardappelhandelshuizen hebben contacten met telers in de Noordoostpolder: Agrico, HZPC, Stet Holland, Den Hartigh, van Rijn, SemAgri, Agroplant, Selectiebedrijf Kooi, TPC etc.. Naast aardappelen kent de Noordoostpolder een groot aantal andere teelten waarvan de uienteelt en de bloembollenteelt economisch gezien de belangrijkste zijn.

## **Gewasbescherming in de aardappelteelt**

Doordat het gebied een intensieve aardappelteelt kent is gewasbescherming bij gangbare (geïntegreerde) telers van belang om te komen tot een

goed financieel resultaat. Er liggen allerlei ziekten en plagen op de loer die de teelt kunnen of zullen bedreigen. De aardappelmoehheid is naast “de aardappelziekte” *Phytophthora* een van de grootste belagers van de teelt. Geen enkele teler wenst een zieke partij in de aardappelbewaring. Het kan tot een ware nachtmerrie leiden wanneer achteraf blijkt dat er toch “ziek” in de partij zit. Gangbare telers zullen nagenoeg alles in het werk stellen om dit te voorkomen.

## **Adviesgeving in de Noordoostpolder**

Sinds begin jaren zestig de chemische gewasbescherming zijn intrede deed, zijn verschillende handelsondernemingen actief geworden op dit gebied. Deze handelsondernemingen verkochten toen naast zaaizaden, olie en smeermiddelen ook bestrijdingsmiddelen. Nagenoeg ieder dorp kende in die jaren wel een handelaar in bestrijdingsmiddelen.

De landbouwvoorlichtingsdienst kwam tot bloei. De specialisten in chemische gewasbescherming waren in die jaren het aanspreekpunt voor veel akkerbouwers. Jaarlijks organiseerde deze dienst van het Ministerie van Landbouw en Visserij haar voorlichtingsbijeenkomsten. In de Noordoostpolder waren de voorlich-

ARTIKEL



tingsbijeenkomsten, geleid door Jan Meems, zeer druk bezochte avonden. Wat Jan Meems zei was leidraad voor het komende teeltseizoen. De landbouwvoorlichtingsdienst verloor in de loop der jaren, door het steeds specifiekere worden van de gewasbeschermingsmiddelen, steeds meer terrein. De landbouwvoorlichting werd Dienst Landbouwvoorlichting en specialiseerde zich in bedrijfseconomie en bouwkunde. De handelaren in gewasbeschermingsmiddelen hadden in de loop der jaren een dusdanig stevige relatie met telers opgebouwd dat de advisering voornamelijk in hun handen werd gelegd. Dit was beslist geen sinecure omdat de teelt veranderd was in een geïntegreerde teelt, met diverse vormen van voedselveilige productie en een rendement dat steeds meer onder druk kwam te staan.

Wat in andere sectoren al plaats vond gebeurde ook in deze bedrijfstak: schaalvergroting. Agrarische bedrijven werden steeds groter; meer hectares onder de ploeg. Ook toeleveranciers werden groter. Coöperaties fuseerden tot grote onpersoonlijke organisaties, maar ook plaatselijke handelaren zochten samenwerking. Advisering is vertrouwen stellen in iemand die jouw bedrijf, jouw grond en zeker niet te vergeten de ondernemer(s) zelf kent.

### **Advisering in de aardappelteelt**

De advisering in de aardappelteelt is geen activiteit die je kunt doen van achter een bureau. Ervaringen, opgedaan in tal jaren, terwijl je bij de ondernemer over land hebt gelopen, gebruik je in volgende jaren. Bij - zoals wij het noe-

men - de bouwplanbespreking in de winterperiode, komen alle facetten van de teelt aan de orde. Hoe kunnen we zaken verbeteren zodat ze tot een beter rendement kunnen leiden. Onderzoeksresultaten van het onderzoekscentrum Innoventis BV zijn zeer belangrijke gegevens voor ons als particuliere handelsondernemingen in het noorden des lands. Innoventis BV doet al vanaf de oprichting uitgebreide Phytophthora-proeven. Daaruit zijn zeer veel waardevolle gegevens gekomen die wij bij onze advisering gebruiken. Naast *P. infestans* wordt de schimmel *Alternaria* spp een steeds meer voorkomende schimmelziekte in ons gebied. Het is voor een groot aantal mensen nog steeds een probleem om de ziekten van elkaar te kunnen onderscheiden. Andere zaken, zoals prijsvorming, zijn moeilijk van tevoren vast te leggen. Omdat ondernemen een bepaalde vorm van risico lopen is, wordt ook in de aardappelteelt een bepaald aantal tonnen onder contract gebracht. De ene teler voelt zich vrij om dat niet te doen, de ander voelt zich gedwongen om dat wel te doen. Petje af voor de jonge ondernemers van nu die daarin een keuze moeten maken. Omdat ondernemen in de agrarische sector tegenwoordig vol zit met regelgeving is begeleiding bij de gewasbescherming voor velen zeer gewenst. Het is voor veel ondernemers ondoenlijk om naast het bijhouden van een goede administratie, het bewerken van het land, het zaaien en poten, het verplegen en de oogst ook nog eens op het juiste moment de juiste middelenkeuze en de juiste dosering die er op dat moment bij hoort te kiezen. Door de ontwikkelingen in de gewasbeschermingsmiddelen zijn toepassingen zeer specifiek geworden met zeer lage

hoeveelheden die meerdere keren ingezet moeten worden. Gelet op het weer wat we in dit gedeelte van de wereld hebben, niet altijd zo eenvoudig.

### **Phytophthora bedreigt nog steeds de aardappelteelt**

Sinds 1840 is Phytophthora de aardappelziekte. Nog steeds is dit een van de ziekten die een grote invloed heeft op het financiële resultaat van de teelt. In de laatste 25 jaar is er zeer veel onderzoek gedaan naar deze ziekte. Het aardappelras Bintje was in de kleigebieden het belangrijkste ras. Nadeel van dit ras is onder andere de gevoeligheid voor deze ziekte in zowel het blad als de knol. Gezocht werd naar minder gevoelige rassen. In de jaren '80 dachten we een heel eind te zijn in de veredeling van rassen met een betere resistentie tegen Phytophthora. Ook de ontwikkeling van nieuwe gewasbeschermingsmiddelen liet aanvankelijk zien dat we ons gewas goed konden beschermen. Phytophthora bleek zich echter te kunnen aanpassen aan andere omstandigheden. Het duurde niet lang of de nieuwe middelen werkten onvoldoende. Ook de minder gevoelige rassen kregen het moeilijk.

Tot op de dag van vandaag weten we dat we alleen een gewas aardappelen gezond kunnen houden door op het juiste moment het gewas beschermd te hebben met voldoende middel. Het juiste moment is bepaald niet eenvoudig te bepalen. We hebben adviessystemen op de computer sinds begin jaren '90. We noemen die systemen nu beslissings-ondersteunende systemen (BOS). Het helpt ondernemer en adviseur om beter inzicht te krijgen in de "ge-



vaarlijke” momenten. Echter, het adviseren in dezen is zeer complex. Op het moment van schrijven (22 mei) van dit artikel is de stand van zaken zeer wisselend. De eerste aardappelgewassen staan er mooi op en zijn al twee maal gespoten. Het merendeel van de gewassen staat echter nog maar net boven. Ook zijn er nog percelen die nog maar net zijn aangevreesd. Op enkele ongefreesde percelen stonden de aardappelen er ook al uit. Afgelopen jaar zijn er meer problemen geweest met *Phytophthora* dan de jaren daarvoor. We verwachten daarom ook dat aardappelopslag en aardappelafvalhopen wel eens vroeg *Phytophthora* kunnen laten zien. Bij het schrijven van dit artikel heeft een van mijn collega's al laten weten zieke aardappelopslag in een perceel zomertarwe te hebben aangetroffen. We adviseren telers daarom om, zodra de aardappelen boven staan te starten met *Phytophthora*-bespuitingen. “Nu al?” is soms een reactie. Dat is begrijpelijk, omdat de kosten per bespuiting aanzienlijk zijn. Maar een teler die ooit in zijn leven *Phytophthora* in de schuur heeft gehad weet wel beter. Het waarschuwingssysteem wordt op diverse manieren aan telers aangeboden. Via het Masterplan *Phytophthora* worden waarschuwingen per telefoon verzonden. In de Noordoostpolder hebben we (Profyto en ACF) een netwerk van weerstations waar BOS op draaien. De dichtheid van weerstations is optimaal en uniek. De weerstations meten weersomstandigheden ook in het gewas. Waar systemen nauwelijks invloed op hebben is de weersverwachting. Deze worden aangeleverd door weerbureaus zoals HWS en Meteo Consult. Niets is zo veranderlijk als het weer. We kunnen

in alle gebieden betrouwbare adviezen geven afhankelijk van de juistheid (blijkt achteraf) van de weersverwachting. Het adviseren gebeurt onder andere door middel van het versturen van adviesberichten per fax of e-mail. Dit gebeurt minimaal 3 keer per week. De teler kan zo een goede indruk krijgen van de actuele situatie. Ook kan via internet toegang worden verkregen op een weerstation in de buurt waarop een BOS draait. Door deze manier van werken kan op elk gewenst moment een advies verkregen worden, ook specifiek op het geteelde ras. Er zijn telers die zelf een BOS op hun eigen computer hebben. Zij voeren hun eigen perceelsgegevens in en zijn aangesloten op het voor hun dichtstbijzijnde weerstation. Dit is de meest ideale situatie. De uitvoering van de gegeven adviezen moet dan nog wel gebeuren. Als het te hard waait of als het regent kan de teler niet in actie komen. Is de neerslag zodanig, zoals afgelopen week (week 19), dat we niet het land op kunnen (rijsporen te nat) dan huiver je weer voor die percelen die er nu net opstaan. Het rijpadensysteem heeft dan weer duidelijk voordelen, omdat er eerder weer gereden kan worden. We hebben keuze uit een aantal goede preventieve middelen. Als er een infectie in het gewas gekomen is en we hebben dat geconstateerd dan staan we bijna met de rug tegen de muur. We moeten dan maatregelen nemen die sterk kostprijsverhogend zijn terwijl het altijd maar weer afwachten is hoe het uitpakt.

### ***Phytophthora in 2006***

Het aardappelteeltseizoen in 2006 was in de Noordoostpolder niet vergelijkbaar met elders in Nederland. Echter, in

ons gebied is er afgelopen jaar veel meer dan in andere gebieden *Phytophthora* in de knollen terecht gekomen. Hoe kan dat? Tot eind juli was het overal prachtig zomers weer. Volgens de adviessystemen konden we het interval wel oprekken tot zelfs 3 weken. Eind juli/begin augustus ging het echter geheel anders. Plaatselijk viel er zeer veel neerslag. Merkwaaardig genoeg duurde het even voordat telers ook weer het besef kregen dat de *Phytophthora* ook weer de nodige aandacht vroeg. Om terug te moeten van een schema van, zeg maar, ruim een week naar vier à vijf dagen was voor een aantal telers een moeilijke overschakeling. Ook het weer werkte beslist niet mee. Als je dacht dat de spuit wel uit de schuur kon, ging het spontaan weer regenen. Of je was er op tijd bij en je klapte de spuit voldaan in, en dan viel de regen met bakken naar beneden. Kortom, het was beslist niet eenvoudig om adequaat op te treden op deze weersomslag. Enkele aardappelrassen reageerden met veel nieuwe loofgroei na de neerslag. Dit was opnieuw een gevaar. Wat ons als adviseurs totaal verraste was de snelheid van knolinfectie. Er zat nauwelijks bladziek in een perceel aardappelen of het zat ook in de knol. En het bleef niet beperkt tot een enkele aantasting, maar binnen twee weken waren er flinke knolaantastingen te vinden, ook in percelen pootgoed die al doodgespoten waren. Zelfs in een ras als Innovator hebben we veel knolziek gezien. Veel van deze percelen aardappelen zijn langer in de grond blijven zitten om daar “uit te laten zieken” om zoveel mogelijk te voorkomen dat er veel ziek de schuur in komt. In de bewaring moet dan gekoeld worden met veel lucht om het ziek en de doorwas te laten opdrogen. Afgelopen bewaar-

ARTIKEL

seizoen hebben we uiteindelijk meer problemen gehad met doorwasknollen dan met Phytophthora-knollen. Er zat zeker een luchtje aan. Afgelopen seizoen hebben we als adviseurs ons afgevraagd of we met een andere Phytophthora te maken hadden. Volgens de wetenschap lijkt het er niet op. Wat we wel weten is dat we goed op onze hoede moeten zijn met infecties vanuit opslag en/of afvalhopen. Goede preventieve bescherming is essentieel.

### Conclusie en wensen

*Phytophthora infestans* is een bekend probleem in de aardappelteelt. Dat was het in 1845 en dat was het in 2006 nog steeds. Hoe zal 2007 eindigen? We proberen als adviseurs de aardappelteelt met raad bij te staan.

We hebben als adviseurs de volgende wensen: 1) meer inzicht krijgen in wat er werkelijk in de lucht aan sporen

zit en hoe die zijn aan te tonen (sporenmetertje?), zodat we per perceel een nog nauwkeurig advies kunnen geven, 2) meer communicatie tussen gangbare en biologische telers, zowel vóór als in de uitbraakperiodes: niet snel even doodbranden en dan met vakantie gaan; en 3) goede middelen die een uitbraak de baas kunnen zonder dat we moeten vrezen voor resistentie van de schimmel tegen middelen.

ARTIKEL

## Lidmaatschap van de KNPV

Het lidmaatschap biedt u:

- Vrije deelname aan de gewasbeschermingsdagen
- Gratis abonnement op 'Gewasbescherming'
- Deelname aan de algemene ledenvergadering met stemrecht; statuten worden op verzoek toegezonden
- Mogelijkheid van een collectief abonnement (tegen gereduceerd tarief) op het European Journal of Plant Pathology

Het lidmaatschap of een abonnement loopt van 1 januari tot en met 31 december. Bij tussentijdse toetreding is een evenredig gedeelte van de contributie verschuldigd. Opzeggen van het lidmaatschap dient vóór 1 december schriftelijk of per e-mail te geschieden.

### Aanmeldingen

S. Sütterlin,  
Secretaris KNPV  
Postbus 31  
6700 AA Wageningen  
E-mail: s.sutterlin@minlnv.nl

Na aanmelding ontvangt u een factuur.

..... Knip uit of kopiëer  
Ondergetekende meldt zich aan als:

	Nederland/België	Overige landen
<input type="checkbox"/> Gewoon lid van de KNPV	€ 25,-	€ 35,-
<input type="checkbox"/> Gewoon lid van de KNPV inclusief een abonnement op het EJPP	€ 163,-	€ 173,-
<input type="checkbox"/> Lid-donateur van de KNPV	€ 65,-	

Naam : .....

Straat : .....

Postcode : ..... Plaats: .....

Land : .....

E-mailadres : .....

Datum : ..... Handtekening: .....

# Phytophthora: nieuw ziek en oud zeer

Wim Nugteren

Opticrop B.V., Agro Business Park 26, 6708 PW Wageningen; e-mail: wim@opticrop.nl

**Phytophthora in aardappels is een belangrijke ziekte. Voor de teler in eerste instantie, maar zeker ook voor onderzoek, bedrijfsleven en overheid. Phytophthora-bestrijding was destijds de eerste succesvolle toepassing op grote schaal van geautomatiseerde advies-systemen. Het ProPhy adviesprogramma van Opticrop wordt sinds vijftien jaar in de Nederlandse praktijk gebruikt. Het heeft ook als prima voorbeeld gediend voor soortgelijke ontwikkelingen in veel andere teelten en sectoren. Deze bijdrage beschrijft op hoofdlijnen de werking van ProPhy, maar geeft vooral ook aandacht aan praktische gebruikaspecten en recente ontwikkelingen.**

## Weer

Net als vrijwel alle schimmelziekten, is Phytophthora sterk weersafhankelijk. De basis van het adviesmodel ligt dan ook in de beschikbaarheid van betrouwbare weerdata. Opticrop beheert een landelijk dekkend netwerk van circa 75 weerstations. Deze staan opgesteld in of naast de percelen en temperatuur en luchtvochtigheid worden gemeten in het gewas. Een continue en nauwkeurige meting van het microklimaat in het aardappelgewas is essentieel voor betrouwbare modelberekeningen. Het belang van een representatieve plaatsing van het weerstation én van deugdelijk onderhoud (jaarlijkse kalibratie) wordt nogal eens onderschat. Van Meteo Consult betrekken we een gedetailleerde, landbouwkundige weersverwachting voor de komende dagen. Het weerbericht wordt continu geactualiseerd en is beschikbaar voor 45 weerkundige gebieden.

## Ziektegevaar

Zowel de gemeten als de

voorspelde weersgegevens worden doorgerekend met een specifiek Phytophthoramodel. De belangrijkste fasen in de ontwikkelingscyclus van *Phytophthora infestans* worden bekeken: sporulatie, overleving en infectie. De belangrijkste invloedsfactoren zijn de temperatuur en de luchtvochtigheid (bladnat). Richting teler resulteert het ProPhy weermodel in twee eenvoudig te begrijpen parameters. Ten eerste wordt een dagelijkse beoordeling gegeven of het wel of niet gevaarlijk is voor Phytophthora. In feite wordt hiermee gezegd of *P. infestans* op die dag een cyclus van sporenvorming en infectie kan voltooien. De tweede parameter is een ziektedrukgetal op een schaal van 0 tot 100. Dit getal is een lopend gemiddelde van het Phytophthora-gevaar in de afgelopen week. De ziektedruk geeft een betrouwbare inschatting van de sporendruk.

## Werkingsduur middelen

In Nederland is het gebruikelijk dat er regelmatig preventief wordt bestreden met chemi-

sche middelen. Een belangrijk onderdeel van ProPhy is derhalve het inschatten van de werkingsduur van de voorgaande bespuiting. Gemiddeld wordt gerekend met een week voldoende preventieve bescherming. Het model houdt echter rekening met een groot aantal invloedsfactoren:

- Type middel
- Dosering
- Afspoeling door neerslag en/of beregening
- Heersende ziektedruk
- Eventuele Phytophthorahaarden in de buurt
- Snelheid van loofgroei
- Zwaarte en stand van het gewas
- Rasgevoeligheid

Mede op basis van de door de teler verstrekte gegevens, bepaalt ProPhy op elk moment voor elke specifieke situatie de werkingsduur. Naar de teler wordt dit inzichtelijk gemaakt door per factor de invloed te tonen in dagen plus of min.

## Advies

Voor Phytophthora in aardappels geldt feitelijk een nultolerantie. De ziekte is agressief en kan veel opbrengst en kwaliteit kosten, én curatieve bestrijding is nauwelijks mogelijk. Simpelweg betekent dit dat een bestrijdingsregime erop gericht moet zijn het gewas volledig vrij van Phytophthora te houden. ProPhy geeft dus een spuitadvies zodra de bescherming onvoldoende

ARTIKEL

wordt én er gevaarlijk weer komt. Er wordt een compleet advies gegeven: wel/niet spuiten, type middel én dosering. Voor de teler is een uitgebreide rekenkundige en tekstuele toelichting beschikbaar.

### Resultaten

Sinds begin jaren '90 is veel onderzoek gedaan naar adviesprogramma's. In meer dan veertig officiële veldproeven van vooral PPO is een spuitschema volgens ProPhy vergeleken met een standaard bestrijding. Bijna zonder uitzondering leidt ProPhy tot een vergelijkbare of betere bestrijding. Daarmee wordt voldaan aan de eerste prioriteit van de praktijk, nl. een betrouwbare ziektebestrijding. Interessant is dat dit resultaat gehaald wordt met gemiddeld bijna 2,5 bespuitingen minder dan het standaardschema. Zonder de risico's te verhogen, zijn dus aanzienlijke besparingen mogelijk. De conclusie is duidelijk: de timing van bestrijding is essentieel. Het op de juiste momenten preventief inzetten van middelen is (veel) belangrijker dan aantal bespuitingen, middelkeuze of dosering.

### Gebruik

Het ProPhy-adviesmodel is voor de praktijk in drie vormen beschikbaar: als computerprogramma thuis op de pc (onderdeel van het CROP-managementsysteem), als interactieve adviesmodule op internet (ProPhy online) en via adviesberichten per fax/email. In Nederland maken zo'n 2000 aardappeltelers direct gebruik van ProPhy. Aangezien we veel adviseurs in onze klantenkring hebben, is het indirecte bereik nog aanzienlijk groter.

### Praktische aspecten

Het grote en stabiele aantal gebruikers, de prima resultaten in vergelijkend onderzoek en vijftien jaar praktijkervaring onderstrepen dat ProPhy gezien kan worden als een succesvol systeem. Telers benadrukken altijd het advies als een waardevolle ondersteuning te zien. Niettemin kan een hele serie praktische aspecten belicht worden:

#### **Uitvoering van de bespuitingen**

Een goed en tijdig advies kan niet altijd uitgevoerd worden wegens te veel wind, slechte berijdbaarheid of ontoereikende capaciteit. Op dit vlak is de afgelopen tien jaar veel verbeterd door betere spuittechniek, grotere werkbreedte en vooral het aanleggen van spuitpaden.

#### **Planning**

Er is een doorgaande schaalvergroting; steeds meer bedrijven telen een groot areaal aardappelen en hebben vaak meerdere dagen nodig om alle percelen te spuiten. Een grootschalige bedrijfsopzet laat het soms niet toe een optimaal spuitschema uit te voeren.

#### **Aandacht en ander werk**

Hoewel er altijd voor gewaarschuwd wordt, zien we nog steeds gevallen waarin de aandacht verslapt tijdens bijvoorbeeld de oogst van graszaad of graan.

#### **Waarnemingen**

*P. infestans* is en blijft een verraderlijk organisme. Het goed inspecteren van het gewas is erg belangrijk. Soms is de ziektedruk zo hoog dat een enkel blaadje aantasting haast niet valt te voorkomen. Dit vroegtijdig signaleren maakt het mogelijk om bestrijding hier zo goed mogelijk op aan te passen, en meestal is een redelijke

controle dan nog mogelijk. Te laat vinden van haarden leidt meestal tot paniek en de verkeerde schuldvraag.

#### **Alternaria**

De laatste jaren zien we meer en ernstiger aantasting van *Alternaria* in aardappelen. Hoewel *Phytophthora* grotendeels bepalend blijft voor het bestrijdingsregime, dient o.a. via middelkeuze ter dege rekening gehouden te worden met *Alternaria*.

#### **Luisbestrijding**

Zeker in de pootgoedteelt vindt een regelmatige luisbestrijding plaats. Vaak wordt de *Phytophthora*-bespuiting hiermee gecombineerd, zodat per definitie een suboptimaal schema wordt gehanteerd.

#### **Beregening**

Het beregenen kan een extra risicofactor zijn en daarmee van invloed op de *Phytophthora*-bestrijding. Onze ervaring is dat dit nogal eens wordt overschat in de situatie dat het gewas volledig ziektevrij is. Goed en regelmatig waarnemen is dan natuurlijk essentieel.

#### **Rasgevoeligheid**

Onderzoek heeft aangetoond dat minder gevoelige rassen toe kunnen met minder bespuitingen en/of lagere doseringen. Het apart behandelen van verschillende rassen is voor veel telers in de praktijk echter niet zo gemakkelijk. Een nog groter probleem schuilt in de betrouwbaarheid van de rasgevoeligheidscijfers. Er lijkt sprake van jaar- en regio-effecten: soms valt een ras onverwacht door de mand. Een gedupeerde teler heeft dan weinig troost van geruststellende statistieken.

#### **Afvalhopen**

Nog steeds worden aangetaste afvalhopen aangetroffen, die



een belangrijk startpunt voor de epidemie kunnen zijn. Ook in 2007 was dit weer het geval. Door het uitzonderlijk zachte weer werden zelfs in december 2006 zwaar zieke afvalhopen gezien.

Bovenstaande opsomming is niet volledig en zeker niet nieuw. Het geeft echter een aardig beeld van waar de teler zoal mee te maken heeft.

### Recente ontwikkelingen

In vergelijking tot pakweg tien jaar geleden zijn gelukkig beduidend meer en betere bestrijdingsmiddelen beschikbaar. Ook zijn de gangbare middelen van nu aanzienlijk minder milieubelastend dan die van voorheen. De afhankelijkheid van chemische middelen is echter nauwelijks afgenomen. Nieuwe middelen zijn meestal net weer iets duurder, zodat de bestrijdingskosten blijven stijgen.

Sinds midden jaren tachtig hebben we een andere en meer dynamische populatie van *P. infestans*. Het is oud nieuws dat de huidige populatie agressiever is en een kortere cyclustijd heeft. Juli 2006 liet zien dat *P. infestans* ook veel beter bestand is tegen hitte en droogte. Zelfs een voor Nederland lange periode van extreem weer was niet voldoende om aantastingen volledig te doden. Oude aantastingen waren na de eerste buien eind juli weer snel hersteld en konden in korte tijd voor een onverwacht sterke ziekteontwikkeling zorgen.

Wat wel “precisielandbouw” genoemd wordt, kan ook positieve ontwikkelingen geven bij de Phytophthora-bestrijding. Nieuwe spuittechniek, hechters en uitvloeiers kunnen zorgen voor een betere bedekking en regenvastheid. GPS en automatische stuursystemen kunnen bijdragen aan “netjes werken”, o.a. het voorkomen van vergissingen en pleksgewijze

onderdosering. Anderzijds kan middels sensoren juist bewust de dosering en of de middelkeuze aangepast worden aan een variërende gewasstand. Satellietbeelden komen sneller, goedkoper en nauwkeuriger beschikbaar: misschien duurt het niet zo lang meer tot zelfs kleine Phytophthora-haarden zichtbaar worden vanuit de ruimte.

### Conclusie

Phytophthora-beheersing is en blijft een taaie strijd. Zowel voor de teler, de onderzoeker, de adviseur als de modellenbouwer. Je zou het een enerverend vakgebied kunnen noemen, ware het niet dat de ziekte zo zorgelijk is voor de teler. Het ProPhy-adviesstelsel toont zich een prima hulpmiddel voor de teler, en is een uitstekend medium om nieuwe inzichten en onderzoeksresultaten snel en goed in de praktijk te brengen.



Figuur 1: Aantasting van een aardappelplant door *Phytophthora* ontstaan vanuit oösporen.

# Phytophthora: vernietiger van plant en milieu?

Yvonne Gooijer, Peter Leendertse en Erna van der Wal

CLM Onderzoek en Advies bv, Godfried Bomansstraat 8, 4103 WR Culemborg; e-mail: ygooijer@clm.nl

**De naam Phytophthora is afkomstig van het Griekse phytón (=plant) en phthorá (=destructie). Vrij vertaald 'destructie van de plant' of 'de plantvernietiger'. Logisch dat aardappeltelers deze ziekteverwekker buiten de deur willen houden. Gelukkig is Phytophthora met het huidige middelenpakket goed te bestrijden. Maar deze bestrijding zorgt wel voor milieubelasting van het oppervlakte- en grondwater. Wat zijn de mogelijkheden voor aardappeltelers om de milieubelasting van hun bespuiting te verlagen, terwijl Phytophthora goed bestreden wordt? Goede maatregelen lijken samen te gaan met afkortingen als MBP, BOS, UV en GNO.**

## Maatregelen en Milieu

Voor aardappeltelers vormt de bestrijding van *Phytophthora infestans* elk jaar een belangrijk onderdeel van de gewasbescherming. Via informatie over weersomstandigheden en over de ontwikkeling van de ziekteverwekker blijft de teler op de hoogte van de kans op infectie. Daarnaast adviseert de sector via het Masterplan Phytophthora de telers over de ziekte (Phytophthora info, april 2007). Preventieve en curatieve bespuitingen met chemische bestrijdingsmiddelen staan voor de gangbare telers centraal in de bestrijding. Dit leidt tot milieubelasting van het oppervlakte- en grondwater, van het bodemleven en van natuurlijke vijanden. De afgelopen jaren zijn verschillende maatregelen ontwikkeld die deze milieubelasting kunnen verlagen in combinatie met een betaalbare én effectieve bestrijding van Phytophthora. In Tabel 1 geven we een overzicht van de maatregelen.

## Preventie

Afdekken van afvalhopen en bestrijden van aardappelopslag zijn twee betaalbare en praktisch toepasbare maatregelen die alle telers standaard uit moeten voeren. Ook in het Masterplan krijgen deze maatregelen aandacht. Toch zijn er ook dit jaar weer verschillende percelen te zien met fikse aardappelopslag. Een nieuwe methode om de opslag te bestrijden vormt wellicht de Kvik-up. In Noord-Brabant is door de deelnemers van Schoon Water een proef ingezet om de werking van deze mechanische aanpak te testen ([www.schoonwater.nl](http://www.schoonwater.nl)).

Resistente rassen en ruime vruchtrotatie zijn lastiger uitvoerbaar. Echt resistente rassen zijn niet voorhanden. Ook de in de biologische teelt gebruikte rassen worden elk jaar aange-tast door *P. infestans*.

Om de kans op infectie vanuit oösporen te minimaliseren kunnen agrariërs een ruime vruchtwisseling aanhouden.

Verspreiding van *P. infestans* vindt plaats vanuit geïnfecteerde knollen door ongeslachtelijke sporen (sporangia of zoösporen). Ongeslachtelijke sporen kunnen zich via wind en water verplaatsen. *P. infestans* kan zich echter ook geslachtelijk voortplanten door zogenaamde oösporen. Over de verspreiding van oösporen is nog weinig bekend. Wel bekend is dat ze lang in de grond kunnen overleven; in zandgrond ongeveer vier jaar en in kleigrond drie jaar. De vruchtwisseling moet ruimer zijn dan de levensduur van de oösporen (Evenhuis *et al.*, 2007). Uit project Veldleeuwerik blijkt dat een ruimer bouwplan niet ten koste hoeft te gaan van het bedrijfsresultaat. Een slimme rotatiekeuze kan zelfs voor een hogere opbrengst zorgen (Koopmans & De Vries, 2007).

## Optimalisatie

### Milieubelasting (MBP)

Telers kunnen met het huidige middelenpakket hun aardappelen goed tegen Phytophthora beschermen. Ze hebben keuze uit verschillende preventieve en curatieve middelen. De milieubelasting van deze middelen voor het grondwater, waterleven en bodemleven verschilt echter behoorlijk (Tabel 2). Zo varieert deze voor grondwater van 0 milieubelastingspunten (mbp) voor Shirilan, Ranman en Tanos tot 400 mbp voor Fubol Gold (bij de adviesdosering).

**Tabel 1.** Maatregelen voor een effectieve bestrijding van *Phytophthora* met milieuwinst (+ = gunstig voor teler/milieu, 0 = neutraal, - = ongunstig voor teler/milieu).

Maatregel	Milieu-effect	Kosten	Praktische toepasbaarheid
<b>Preventie</b>			
Afdekken afvalhopen	+	+	+
Bestrijden opslag	+	+	+
Minder gevoelige rassen	++	-	+
Ruimere vruchtrotatie	++	+	+
<b>Optimalisatie</b>			
MBP (Middelenkeuze lage milieubelasting)	++	0	+
BOS (waarschuwingssystemen)	+	0	0
Nieuwe spuittechnieken (sleepdoek/luchtondersteuning)	++	+	++
GPS (Global Positioning System)	+	-	++
<b>Innovatie</b>			
GNO (Natuurlijke middelen)	+	0	0
UV-licht	++	--	?
Regionale buffers	?	-	-

Ter vergelijking: de norm is 100 mbp per bespuiting. Naast werking en kosten van middelen kunnen telers met behulp van de CLM-milieumeetlat bij hun middelkeuze ook rekening houden met de milieubelasting (CLM milieumeetlat 2007; www.milieumeetlat.nl).

Ook kunnen telers de milieubelasting van hun bespuiting verlagen door met een lagere dosering te spuiten. Vaak is het mogelijk om een effectieve bespuiting uit te voeren met een lagere dosering dan de op het etiket vermelde adviesdosering. Bijvoorbeeld door te spuiten bij – voor het middel – optimale weersomstandigheden of door de inzet van efficiëntere spuittechnieken.

#### **Beslissingen Ondersteunende Systemen (BOS)**

De weersomstandigheden zijn zowel van invloed op de infectie door *P. infestans* als op het effect van bespuitingen met bestrijdingsmiddelen (Bouma, 2006). Om telers te ondersteunen bij het bepalen van het type mid-

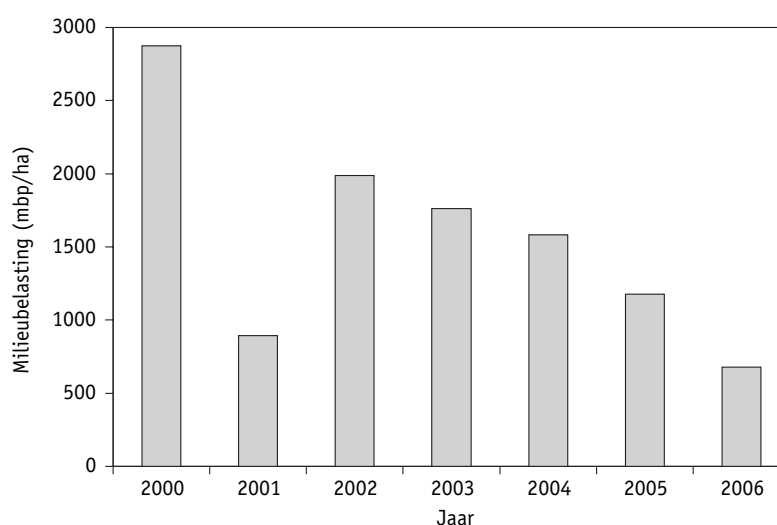
del, de dosering en het spuitinterval zijn Beslissings Ondersteunende Systemen (BOS) ontwikkeld. Voorbeelden hiervan zijn Prophy van Opticrop (www.opticrop.nl) en PLANT-Plus van Dacom (www.dacom.nl). Deze waarschuwingssystemen houden rekening met de weersomstandigheden van de

afgelopen periode, de situatie in het gewas (o.a. stand, ras, bespuitingen) en de weersverwachtingen en geven vervolgens een spuitadvies (Kimmann *et al.*, 2002). Door op het optimale moment te spuiten kan een aardappelteler besparen op zijn middelkosten door een lagere dosering en/of een groter spuitinterval en tegelijkertijd milieuwinst boeken.

#### **Nieuwe spuittechnieken**

Spuittechnieken als sleepdoek en luchtondersteuning (Figuur 2 en 3) hebben een sterk verminderde drift richting het oppervlaktewater. Beide systemen nemen de spuitdruppeltjes met een luchtstroom mee in het gewas. Hierdoor kunnen telers met fijnere druppels spuiten, is de bedekking op de plant beter en de bespuiting effectiever. Telers hebben hierdoor minder middel en minder water nodig.

In het project 'Schoon Water voor Brabant' (zie kader) hebben we de bespuitingen in aardappel van agrariërs die een sleepdoek gebruiken vergeleken met die van agrariërs



*Figuur 1. Milieubelasting van het grondwater in aardappel in Budel binnen het project 'Schoon Water' bij een organische-stofgehalte van 1,5 - 3 %. 2001 was geen representatief seizoen; er was een lage *Phytophthora*-druk en daardoor zijn er alleen preventieve bespuitingen met lage milieubelasting uitgevoerd.*



**Tabel 2.** Milieubelasting van de beschikbare Phytophthora-middelen (voorjaar) bij een organische-stofgehalte van 1,5 – 3% (CLM milieumeetlat 2007). A = bruikbaar in geïntegreerde teelt, B = beperkt bruikbaar, C = niet bruikbaar.

Middel	Actieve stof	Dosering (l/ha of kg/ha)	Milieubelasting (mbp/ha)			
			Grond- water	Water- leven	Bodem- leven	Natuurlijke vijanden
Shirlan	fluazinam	0.4	0	14	9	A
Ranman	cyazofamid	0.2	0	13	1	?
Daconil 500 vlb	chloorthalonil	3.5	291	7	91	A
Brabant maneb	maneb	2	160	2	6	B
Brabant mancozeb	mancozeb	2.2	176	2	18	B
Unikat Pro	zoxamide/mancozeb	1.8	124	70	22	?
Aviso DF	metiram/cymoxanil	3	171	3	6	B
Tanos	cymoxanil/famoxadone	0.6	0	43	2	?
Curzate M	cymoxanil/mancozeb	2.5	170	3	18	B
Acrobat	dimethomorph/mancozeb	2	138	2	16	B
Sereno	mancozeb/fenamidone	1.5	255	12	42	?
Valbon	benthiavalicarb/mancozeb	2	140	2	14	?
Tattoo C	chloorthalonil	2.7	167	5	65	A
Fubol Gold	mefenoxam/mancozeb	2.5	400	3	15	?
Infinito	fluopicolide/propamocarb	1.6	50	2	13	?

die een conventionele spuit inzetten. Uit deze vergelijking bleek dat de sleepdoekgebruikers voor de Phytophthora-bestrijding 20% minder middel gebruikten. Hierdoor bespaarden zij 21% op de middelkosten. Naast voordeel voor de agrariërs levert spuiten met sleepdoek ook voordeel op voor het milieu: de milieubelasting voor waterleven nam 76% af (Tabel 3). Voor bodemleven en grondwater was dit respectie-

velijk 23% en 12% (Gooijer & Leendertse, 2006). Inmiddels zijn 7 sleepdoeksystemen in werking in het project. In 2007 combineert een van de telers van Schoon Water de sleepdoek met het GPS-systeem om nog preciezer te kunnen bespuiten en middel te besparen.

### Innovatie

Door het combineren van

bovenstaande maatregelen kan de milieubelasting van de Phytophthora-bestrijding sterk verminderd worden (Figuur 1). Om een effectieve bestrijding en een lage milieubelasting te realiseren, ook in de biologische teelt, blijven innovaties van belang. Om innovatieve technieken ook daadwerkelijk in de praktijk succesvol te maken, zijn naast een lage milieubelasting en een goede kosten/baten-verhouding ook de effectiviteit en praktische toepasbaarheid belangrijk. GNO's en UV zijn twee voorbeelden van innovaties die voor de gangbare en biologische teelt in ontwikkeling zijn.

### GNO's

Gewasbeschermingsmiddelen van Natuurlijke Oorsprong (GNO's) worden in de glastuinbouw al regelmatig toegepast (Nieuwsbrief Genoeg Breed, nr. 4). In open teelten worden GNO's nog maar mondjesmaat ingezet. Hier liggen echter zeker mogelijkheden, met name voor de bestrijding van Phytophthora. In perioden met een hoge sporendruk bestaat



Figuur 2. Spuit met sleepdoekstelsysteem.



regelmatig spanning tussen gangbare en biologische telers vanwege mogelijke besmettingshaarden in percelen met biologische aardappelen. GNO's zouden biologische telers de mogelijkheid kunnen bieden om hun aardappelen (preventief) tegen *Phytophthora* te beschermen. Gangbare telers zouden door het gebruik van GNO's de milieubelasting van hun bespuitingen kunnen verminderen. Via het project Genoeg Breed wordt gewerkt aan de toelating van dit type middelen, maar momenteel is er nog geen GNO beschikbaar voor deze toepassing ([www.genoeg.net](http://www.genoeg.net)).

#### UV

Een voorbeeld van een andere innovatie is de inzet van UV-licht ter bestrijding van *Phytophthora*. Dit systeem wordt al toegepast in kassen (onder andere roos) en is in het laboratorium getest op *Phytophthora* in aardappelplanten (Kessel & Förch, 2006). Praktijkproeven moeten uitwijzen of het systeem ook in de open teelten werkbaar is. Deze toepassing veroorzaakt geen milieubelasting van grond- of oppervlaktewater.

#### Regionale buffers?

Wellicht biedt het ontwik-

**Tabel 3.** Vergelijking van het sleepdoeksysteem met een gangbaar spuitsysteem in aardappel.

	Reductie milieubelasting	
	Totale gewasbescherming	Phytophthora-bestrijding
Grondwater	56%	12%
Waterleven	81%	76%
Bodemleven	19%	23%

kelen van preventie op regionale schaal een kans. Kunnen groene lijnen in het landschap verspreiding van sporen verminderen (Tolkamp *et al.*, 2007)? Of kan via bufferzones verspreiding van *Phytophthora*-sporen door de wind voorkomen worden? Voorlopig is de kennis voor zo 'n aanpak onvoldoende.

#### Ervaringen uit de praktijk

Er zijn dus diverse maatregelen om de milieubelasting van de *Phytophthora*-bestrijding te verlagen. Maar werkt dit ook in de praktijk? Aardappeltelers in het project 'Schoon Water voor Brabant' laten zien dat het kan. Door het toepassen van verschillende maatregelen hebben de telers in het grondwaterbeschermingsgebied van Budel de milieubelasting voor grondwater met 2200 mbp verlaagd! In 2006 is de gemiddelde milieubelasting nog 680 mbp per hectare (Leendertse *et al.*, 2007; Figuur 1). Schoon

Water-deelnemer Schepens: "Vorig jaar heb ik voornamelijk Shirlan en Curzate gespoten, dit jaar heb ik Acrobat ingezet. Ik spuit deze middelen in lagere doseringen dan de adviesdosering. Ik maak ook gebruik van ProPhy. Het belangrijkste vind ik de radarbeelden; op basis daarvan beoordeel ik of het nodig is om te spuiten. Het advies houd ik daarbij in mijn achterhoofd. Ik heb een vruchtrotatie van 1:4, aardappelen, suikerbieten en 2x maïs. Ik ga suikerbieten en aardappelen nu omdraaien in verband met de aardappelopslag. Voor de aardappelen heb ik het liefst 'verse grond', percelen waar nog geen aardappelen op gestaan hebben. Dat is ook beter voor de opbrengst". De bedrijfsadviseur vanuit 'Schoon Water' adviseert om iets eerder van Curzate op Shirlan over te stappen. Shirlan geeft een goede knolbescherming en de milieubelasting van dit middel is een stuk lager. Naast middelekeuze, BOS en bestrijding van aardappelopslag hanteren

ARTIKEL



Figuur 3. Spuit met luchtondersteuning in actie in een aardappelperceel.

sommige telers in Schoon Water de sleepdoektechniek in combinatie met GPS (www.schoon-water.nl).

Het stimuleren van alle aardappeltelers om deze maatregelen op het bedrijf toe te passen is lastig. In projecten blijken telers met ondersteuning van een onafhankelijk adviseur prima in staat de maatregelen succesvol in te zetten. Voor een grote groep telers is de vrees dat *Phytophthora* grote schade aan het aardappelgewas kan toebrengen de reden om – soms mede op advies van handel of afnemer – een vast spuitschema te hanteren met milieubelastende middelen en een conventionele spuittechniek.

### Toekomst

*Phytophthora* zal ook in de toekomst een lastig te bestrijden ziekte blijven. Uit onderzoek blijkt dat de *P. infestans*-populatie de laatste decennia vier keer agressiever is geworden (www.gewasbescherming.nl). Daarnaast kunnen ook ontwikkelingen zoals klimaatverandering invloed hebben op dit

organisme. Volgens de klimaat-scenario's voor de 21<sup>e</sup> eeuw van het KNMI stijgt de temperatuur met 1,4°C tot 5,8°C. Dit kan leiden tot meer aardappelopslag en daarmee bronnen van de ziekteverwekker. Ook kunnen de weerscondities gunstiger worden voor *P. infestans* zoals meer en extremere neerslag, hoewel anderzijds het frequenter optreden van zomerdroogte en veel zon de ontwikkeling van de ziekteverwekker kan remmen.

### Conclusie

*Phytophthora* is geen vernietiger van de plant en het milieu. Er zijn diverse maatregelen beschikbaar om de milieubelasting van de *Phytophthora*-bestrijding te verlagen én *P. infestans* effectief te bestrijden. De uitdaging voor de telers is om dit pakket aan maatregelen ook daadwerkelijk toe te passen. Innovatie blijft echter belangrijk om ook in de toekomst deze ziekteverwekker de baas te blijven.

### Referenties

- Bouma, E., 2006. Weer & Gewasbescherming, Roodbont uitgeverij, Zutphen, 84 pag. CLM milieumeetlat 2007.
- Evenhuis, B., Turkensteen, L.J., Raatjes, P. & Flier, W.G., 2007. Overzichtsrapportage 1998-2005 van primaire haarden en eerste aantastingen door *Phytophthora infestans*, PRI-Nota 435, Wageningen.
- Gooijer, Y.M. & Leendertse, P.C., 2006. Sleepdoek in de praktijk, CLM, Culemborg.
- Kessel, G.J.T. & Förch, M.G., 2006. Effect of UV-exposure on germination of sporangia of *Phytophthora infestans* (Confidential), PRI, Wageningen.
- Kimmann, B., Kloos, J., Turkensteen, L. & Drenth, H., 2002. *Phytophthora* de aardappelziekte, Hoekstra de Kleurrijke Drukkers, Emmeloord, Nederland, 80 pag.
- Koopmans, C. & Vries, H. de, 2007. Veldleeuwerik neemt hoge vlucht, Stichting Veldleeuwerik, Dronten.
- Leendertse, P.C., Gooijer, Y.M., Visser, A. & Aasman, B.F., 2007. Schoon Water - Brabantse telers laten zien dat 't kan: rapportage 2006, CLM, Culemborg.
- Nieuwsbrief Genoeg Breed, nummer 4, mei 2007.
- Phytophthora* info, nieuwsbrieven van het Masterplan *Phytophthora*.
- Tolkamp, W., Pak, G. en Swaagstra, A.H., 2007. Groene lijnen in het landschap, Culemborg.

### Websites

- www.dacom.nl  
 www.genoeg.net.nl  
 www.gewasbescherming.nl  
 www.milieumeetlat.nl  
 www.opticrop.nl  
 www.schoon-water.nl

## Project Schoon Water

Het stimuleringsproject 'Schoon Water voor Brabant' is een initiatief van de Provincie Noord-Brabant, Brabant Water, Overlegplatform Duinboeren en ZLTO. Doel van het project is het terugdringen van het gebruik van schadelijke gewasbeschermingsmiddelen in zes zeer kwetsbare grondwaterbeschermingsgebieden. In Budel, Waalwijk, Vessem, Nuland, Macharen en Helvoirt doen inmiddels 350 telers en loonwerkers mee met 7000 hectare! Naast de landbouw worden ook gemeenten, bedrijven en burgers bij het project betrokken. De uitvoering is in handen van CLM, DLV Plant en Eco Consult.

Voor meer informatie: [www.schoon-water.nl](http://www.schoon-water.nl)

**Schoon Water**



# Phytophthora: een tegendraadse visie

Clemens Stolk

Plantum NL, Postbus 462, 2800 AL Gouda; e-mail: c.stolk@plantum.nl

**Er gaat veel aandacht uit naar de aardappelziekte en de veroorzaker *Phytophthora infestans*. Daarvan getuigt niet alleen dit themanummer van Gewasbescherming, maar ook een aantal onderzoeksprogramma's dat de afgelopen jaren door de overheid is ingezet. Plantum NL juicht het toe dat er van overheidswege onderzoek wordt gedaan aan deze plantenziekte. Het is goed dat er meer kennis wordt vergaard over de interactie tussen de aardappel en deze oömyceet, ook op moleculair niveau. Toch wil ik ook enkele kritische kanttekeningen plaatsen bij de noodzaak voor dit onderzoek en bij de fixatie op genetische oplossingen.**

## Noodzaak

Een veel gehoorde bewering is dat de bestrijding van *Phytophthora* verantwoordelijk is voor vijftig procent van het Nederlandse gebruik aan biociden en dus een belangrijke oorzaak van de vervuiling van het milieu, in het bijzonder het oppervlaktewater. Uit een recent rapport over residuen van gewasbeschermingsmiddelen in oppervlaktewater blijkt echter dat daarin nauwelijks *Phytophthora*-bestrijdingsmiddelen worden aangetroffen (Dekker, 2006). Dit in tegenstelling tot residuen van herbiciden, die in veel grotere mate in het oppervlaktewater worden aangetroffen (Dekker, 2006). Wel bleek in een recente studie dat het gehalte chloorthalonil in de lucht in aardappelteeltgebieden en tijdens het aardappelseizoen hoger was dan buiten die gebieden en perioden (White et al., 2006). Het is echter onduidelijk in hoeverre dit laatste negatieve milieu-effecten heeft.

Dat *Phytophthora* een belangrijk probleem in de aardappelteelt is, is duidelijk. Plantum NL meent echter dat de perceptie

van dit probleem bij beleidsmakers groter is dan die in de landbouwpraktijk, waardoor andere, minstens even urgente problemen, verhoudingsgewijs te weinig aandacht krijgen. Een voorbeeld is de bacterieziekte die door *Erwinia* spp. wordt veroorzaakt; een lastig en groeiend probleem in de pootgoedteelt. Hiervoor lijkt geen andere dan een fyto-sanitaire oplossing beschikbaar. Onderzoek hiernaar wordt grotendeels door het bedrijfsleven zelf gefinancierd. Het is de bedrijven niet duidelijk waarom de overheid wel initiatieven neemt als het om *Phytophthora* gaat - in de praktijk een goed beheersbare ziekte - maar niet of nauwelijks in het geval van *Erwinia*.

Het punt van beheersbaarheid brengt mij op de volgende kanttekening: de rol die wordt toegedacht aan veredeling in verhouding tot andere beheersmaatregelen.

## De rol van veredeling

De gerichte aardappelveredeling bestaat ongeveer honderd jaar. Al die tijd is er aandacht geweest voor resistentie-

veredeling tegen *Phytophthora*, hoewel de landbouw vanaf de Tweede Wereldoorlog tot in de jaren zeventig vooral geleund heeft op chemische bestrijding van ziekten en plagen. Mede onder invloed van de milieubeweging wordt er sindsdien meer aandacht besteed aan resistentieveredeling tegen *Phytophthora*. Door de veredelingsbedrijven zijn in de strijd tegen andere ziekten in aardappel grote successen geboekt, bijvoorbeeld tegen aardappelmoehheid. Voor *Phytophthora* luidt de conclusie helaas dat de veredeling, alle inspanningen ten spijt, op dit punt nauwelijks succesvol is geweest. Hoewel er in de meeste moderne rassen een zekere achtergrondresistentie is verkregen, draagt deze niet substantieel bij aan de beheersing.

Om hierin een doorbraak te forceren wordt door de overheid zeer fors geïnvesteerd in onderzoek dat de kennis van de genetica van aardappel en de interactie met *Phytophthora* moet vergroten. Dit is belangrijk en goed onderzoek, en Plantum NL juicht het toe dat dergelijk onderzoek met overheidsmiddelen kan plaatsvinden. De aardappelveredelingsbedrijven vragen zich echter af of de overheid voldoende beseft hoe lang het duurt voor een gezochte doorbraak in het fundamentele onderzoek de markt zal bereiken. Het zou de praktische veredeling niet verbazen als het nog decennia duurt voor de Nederlandse akkers vol staan met *Phytophthora*-resistente aardappelrassen. Tot die tijd

ARTIKEL

zullen de telers het nog met andere oplossingen moeten doen, vooral de chemische. Ook weet nog niemand hoe *Phytophthora* gaat reageren op volledige resistentie. Ontstaat er dan een nieuwe wapenwedloop tussen het pathogeen en de aardappel? Blijft er een bepaald niveau van chemische bestrijding nodig?

Naar de mening van Plantum NL is een integrale aanpak nodig, waarin resistentieveredeling, teeltmaatregelen en gewasbeschermingsmiddelen elk

een plek hebben. Tot op heden heeft de gewasbeschermingsmiddelenindustrie bewezen het *Phytophthora*-probleem goed beheersbaar te kunnen maken. Plantum NL pleit er dan ook voor om, zeker voor de middellange termijn, de gewasbeschermingsmiddelenindustrie niet te negeren en als overheid een partnerschap met hen aan te gaan om samen te zoeken naar werkelijk duurzame bestrijdingsmethoden. Onder tussen zullen de plantenveredelaars op volle kracht door-

werken aan een oplossing voor de lange termijn, gebaseerd op een grondige kennis van de genetica van het pathogeen én het aardappelgewas zelf.

### Literatuur

- Dekker, G.C.G., 2006. Bestrijdingsmiddelen in het oppervlaktewater van Flevoland 2004-2005. Waterschap Zuiderzeeland.
- White, L.M., Ernst, W.R., Julien, G., Garron, C. & Leger, M., 2006. Ambient air concentrations of pesticides used in potato cultivation in Prince Edward Island, Canada. *Pest Management Science* 62, 126-136.



*Figuur 1: Aardappelopslag in Triticale.*



# Chemie nog steeds één van de belangrijkste peilers bij de bestrijding van *Phytophthora infestans* in aardappelen

- Minder milieubelasting door innovaties -

Jan Bouwman

Syngenta Crop Protection, namens Nefyto; e-mail: jan.bouwman@syngenta.com

Nederland is een van de belangrijkste aardappelproducerende landen van de Europese Unie. In ons land wordt elk jaar zeven miljoen ton aardappelen geproduceerd. Verdeeld over de segmenten is dat:

- pootgoed 1 miljoen ton verbouwd op 37.000 ha
- consumptieaardappelen 4 miljoen ton verbouwd op 70.000 ha
- zetmeelaardappelen 2 miljoen ton verbouwd op 50.000 ha

Voor de Nederlandse akkerbouw is de aardappelteelt van groot belang. De teelt is één van de beter renderende gewassen in de akkerbouw mede dankzij de afwezigheid van marktordening voor pootgoed en consumptieaardappelen in het kader van het EU-landbouwbeleid. De aardappelteelt heeft in Nederland zijn huidige omvang kunnen bereiken door gunstige omstandigheden: een mild klimaat, geschikte grondsoorten, kwalitatief goed uitgangsmateriaal, hoogstaand onderzoek, goede afzetmogelijkheden en een sterk functionerende verwerkende industrie.

## Markt

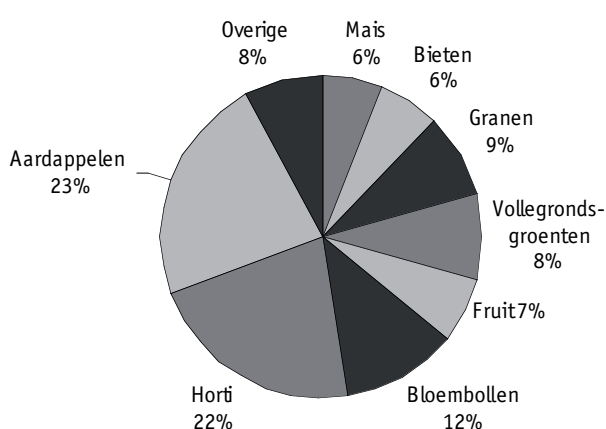
Voor de chemische gewasbeschermingsindustrie is het gewas aardappelen met z'n vele ziekten (*Phytophthora*, *Alternaria*, *Rhizoctonia*), plagen (blad-

luizen, coloradokever, aaltjes) en onkruiden een belangrijk gewas voor de ontwikkeling van nieuwe middelen. De aardappelteelt vertegenwoordigt circa 23% van de omzet van de industrie (zie Figuur 1).

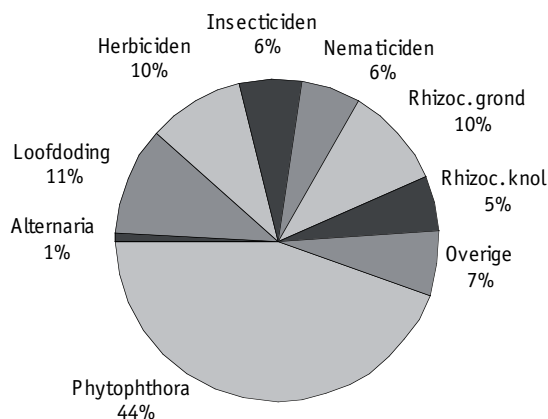
Binnen de totale chemische gewasbescherming in het gewas aardappel speelt *Phytophthora* een dominerende rol (Figuur 2) en is de aardappelziekte voor de Nederlandse gewasbeschermingsindustrie de belangrijkste focus in de zoektocht naar nieuwe middelen.

Dit in tegenstelling tot het onderzoek dat plaatsvindt op de research-vestigingen van de chemische bedrijven. Daar is het screeningsonderzoek gericht op de grote wereldgewassen zoals graan, rijst, soja, katoen en maïs en wordt de aardappel slechts in de "slipstream" meegenomen.

De Nederlandse akkerbouwpraktijk hanteert tegen de aardappelziekte een straf vijf- tot twaalf-

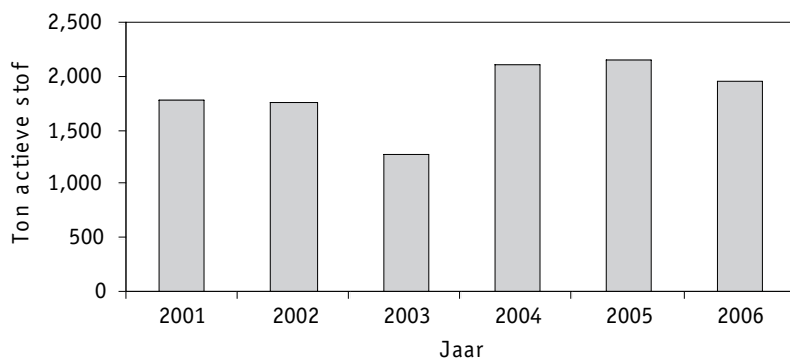


Figuur 1. Totale markt voor gewasbescherming in Nederland in 2005: € 272 mln. (ex industrie). Bron: Syngenta.



Figuur 2. Marktsegmenten voor gewasbeschermingsmiddelen in aardappelen in Nederland. Bron: Syngenta.

ARTIKEL



Figuur 3. Hoeveelheid actieve stof bij de bestrijding van *Phytophthora* in aardappelen (tonnen actieve stof). Bron: Syngenta.

daags preventief spuitschema, afhankelijk van het weer en de ziektedruk. Is de ziekte éénmaal in het gewas aanwezig dan kan deze niet meer uit het gewas worden verwijderd en moeten opnieuw bespuitingen er voor zorgen dat geen uitbreiding naar de omringende planten plaatsvindt. In totaal worden er ongeveer 20 miljoen hectare bespuitingen (157.000 ha met gemiddeld 12 bespuitingen/ha) in ons land uitgevoerd om de oogst van aardappelen veilig te stellen. De bestrijding van deze ziekte door middel van gewasbeschermingsmiddelen speelt nog steeds een zeer belangrijke rol en is niet weg te denken uit de moderne aardappelteelt in Nederland.

In 1993 waren drie actieve stoffen verantwoordelijk voor 95% van het gebruik. Deze middelen waren gebaseerd op cymoxanil, maneb tin en fluazinam. Toentertijd een wel erg smal pakket voor zo'n belangrijke ziekte. Inmiddels, in 2007, zijn er 14 actieve stoffen beschikbaar. De teler heeft dus de beschikking over een ruim arsenaal waarbij de preventieve inzet nog steeds het uitgangspunt is. Zo heeft hij de beschikking over middelen met een systemische werking om latente infecties tegen te gaan, over middelen voor de snelle loofgroeifase met een curatieve/translaminaire werking en over middelen die met

name de knolaantasting tegen gaan. Belangrijk is ook dat het brede pakket aan actieve stoffen een betere garantie geeft tegen het ontstaan van resistentie bij *P. infestans*. Daarnaast is het overgrote deel van de huidige middelen op de Nederlandse markt weinig gevoelig voor het ontstaan van resistentie.

Uit Figuur 3 blijkt dat het gebruik van actieve stof de afgelopen jaren varieert rond de 2000 ton.

### MNP

Begin dit jaar heeft het Milieu- en Natuur Planbureau (MNP) een rapport uitgebracht over de tussentijdse evaluatie van de Nota Duurzame Gewasbescherming. In het onderzoek is o.a. ingezoomd op Phytophthorabestrijding in consumptie-aardappel. Het MNP constateert dat de berekende milieubelasting tussen 1998 en 2004 voor het oppervlaktewater met 85% is afgenomen en voor grondwater met maar liefst 97% (met daarbij de kanttekening dat het areaal in dezelfde periode met 14% werd verkleind). Het gebruik is tussen 1998 en 2004 met 40% afgenomen. Ook meldt het MNP dat geen van de Phytophthora-stoffen in de top-tien staat van de meest normoverschrijdende stoffen bij metingen in oppervlaktewater.

Het MNP concludeert dat "fungiciden nog steeds nodig zijn voor een effectieve beheersing van Phytophthora. De inzet van stoffen en de gebruikte dosering gebeurt meer en meer op basis van beslissingsondersteunende systemen en kritieke weersomstandigheden. De daling van milieubelasting is vooral bereikt door gebruik van stoffen met minder milieubelasting, door het toenemende gebruik van lage doseringen en de emissiereducerende maatregelen in het Lozingenbesluit".

### Masterplan

In het Masterplan Phytophthora komen deskundigen uit de hele sector bij elkaar om te overleggen over de totale aanpak van de ziekte vanuit allerlei verschillende invalshoeken (geïntegreerd). Het doel daarvan is de ziekte op een effectieve en verantwoorde wijze te bestrijden en daarmee de teelt en het economisch belang veilig te stellen met in achtname van de doelstellingen van het Nota Duurzame Gewasbescherming.

Ook Nefyto speelt een belangrijke rol in dit overleg en brengt haar zienswijze en deskundigheid in in de discussie. Daarbij wordt vooral gekeken naar de juiste inzet van de middelen.

### Conclusie

De afgelopen tien jaren hebben bewezen dat het onderzoek van de industrie om het middelenpakket te innoveren heeft geleid tot een breed keuzepakket voor de teler. Daarmee is ook een gerichtere aanpak van de aardappelziekte mogelijk gemaakt, is de resistentiedreiging vermindert en bovendien de milieubelasting fors afgenomen.

# Masterplan *Phytophthora*

Jan Wijnen<sup>1</sup> en Ben Kimmann<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ZLTO, Postbus 91, 5000 MA Tilburg; e-mail: jwijne@zlto.nl

<sup>2</sup> HPA



Om het *Phytophthora*probleem beter en gezamenlijk te kunnen aanpakken heeft de akkerbouwsector, geïnitieerd door LTO Nederland, in 1998 het Masterplan *Phytophthora* ontwikkeld. Aanleiding waren de sterk in agressiviteit toenemende ziekteverwekker, de ernstige *Phytophthora*-epidemieën in de jaren voorafgaand aan het project en het niet kunnen realiseren van de MJPG-milieudoelstelling.

De eerste projectfase werd uitgevoerd van 1999-2001. Het Hoofdproductschap Akkerbouw (HPA) was financier middels een extra heffing van tien gulden per hectare geteelde aardappelen per jaar. Gedurende de eerste projectfase werd veel bereikt. Een geïntegreerde ziektebestrijding werd geformuleerd en infectiebronnen werden aangepakt. De bestaande bestrijding (afdekplicht) van afvalhoopen werd uitgebreid met een bestrijdingsplicht voor excessieve haarden in het veld. De controle op naleving van de verordening werd geïntensiveerd. Veel werd bekend over het gedrag en de epidemiologie van de nieuwe *Phytophthora*. De rol van oösporen en knolinfecties werd onderzocht. Een serie communicatieactiviteiten leidde tot veel kennis en toepassing daarvan in de praktijk.

Aan het eind van de eerste fase van het Masterplan was een aantal open einden in de kennis aanleiding voor continuering van het project. Het Masterplan *Phytophthora* deel twee richtte zich op het onderzoek op preventieve maatregelen en bestrijding van knolinfecties en op het verbeteren van kennis en gebruik van resistentiecomponenten van de meest geteelde rassen in Nederland. Het project werd met dezelfde organisatiestructuur als de eerste fase uitgevoerd en gefinancierd door de aardappeltelers via het HPA (€ 3 per hectare aardappelen in 2002 en € 2 in 2003).

Tijdens de looptijd van het Masterplan *Phytophthora* deel twee werd in samenwerking met de WUR een uitgebreid *Phytophthora*-onderzoeksprogramma uitgewerkt. Dit programma gaat verder dan het op de praktijk georiënteerde onderzoek van het Masterplan. Genetische aspecten van virulentie van de schimmel en resistentie van de plant worden onderzocht. Dit Parapluplan *Phytophthora* is een gezamenlijke verantwoordelijkheid van bedrijfsleven, WUR en overheid. Voorwaarde is dat het landbouwbedrijfsleven verantwoordelijkheid blijft nemen voor de implementatie in de praktijk, communicatie van de resultaten en monitoren van de effecten.

Het Masterplan *Phytophthora* deel drie (2004-2006) heeft zich tot taak gesteld deze verantwoordelijkheid uit te voeren. Nauwe samenwerking met het Parapluplan *Phytophthora* is een voorwaarde en is verankerd in een gezamenlijke Stuurgroep *Phytophthora*, waarin bedrijfsleven, onderzoek en overheid beide programma's aansturen.

Vanaf 2007 wordt hieraan een vervolg gegeven door Masterplan vier (gefinancierd door de telers met €1/ha aardappelen).

## Doelstelling

De doelstelling van het Masterplan *Phytophthora* is in de tijd aangescherpt ten opzichte van de oorspronkelijke doelstelling, na afstemming met overheid en onderzoek.

De oorspronkelijke doelstel-

ling: 'Continuering van de aardappelteelt en halvering van de milieubelasting van bestrijdingsmiddelen tegen *Phytophthora* in 2005 via geïntegreerde gewasbescherming en wederom een halvering in 2013, ten opzichte van de referentieperiode 1996-1998' is nu al bereikt. Door alle

inspanningen van de sector is de belasting van het milieu als gevolg van de bestrijding van *Phytophthora* in aardappelen in de periode 2003-2005 met 97% gedaald ten opzichte van de referentieperiode 1996-1998, zo blijkt uit onderzoek van het LEI (Figuur 1). In 2006 is er een symposium georganiseerd

ARTIKEL

**Tabel 1.** Activiteiten van het HPA om gestelde doelen te bereiken.

Verwacht resultaat	Activiteit
Afvalhopen zijn geen primaire bron van infectie meer	<ul style="list-style-type: none"> <li>Actieve controles bij teelt, handel, industrie en volkstuinen op het afdekken van afvalhopen</li> <li>Waarschuwen en sanctioneren van overtreders van de Phytophthora-verordening</li> <li>Communicatie afdekplicht afvalhopen en resultaten</li> </ul>
Excessieve haarden in het veld worden bestreden.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Actieve controles bij professionele teelt en volkstuincomplexen op het bestrijden van excessieve haarden</li> <li>Waarschuwen en sanctioneren van overtreders van de Phytophthora-verordening</li> <li>Communicatie bestrijdingsplicht excessieve haarden en resultaten</li> </ul>
Beheersing aardappelopslag.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Actieve controles bij professionele teelt op het voorkomen van excessieve aardappelopslag.</li> <li>Waarschuwing en sanctioneren van overtreders van de Phytophthora-verordening.</li> <li>Communicatie bestrijdingsplicht aardappelopslag en resultaten.</li> </ul>

waarbij alle betrokken deskundigen aanwezig waren. Daarin is nadrukkelijke aangegeven dat de afhankelijkheid van middelen nog steeds groot is/blijft en dat we te weinig weten van de exacte werking van de aardappelziekte, zodat voortzetting van de plannen noodzakelijk is.

De taakstelling van het Masterplan Phytophthora richt zich de komende jaren vooral op de in de Stuurgroep Phytophthora overeengekomen werkterreinen: controle en handhaving van de Phytophthora-verordening, implementatie van onderzoeksresultaten in de praktijk, communicatie (actuele jaarrondbestrijdingsstrategie) en monitoren.

### Activiteiten

In het Masterplan vier worden de volgende aspecten opgepakt:

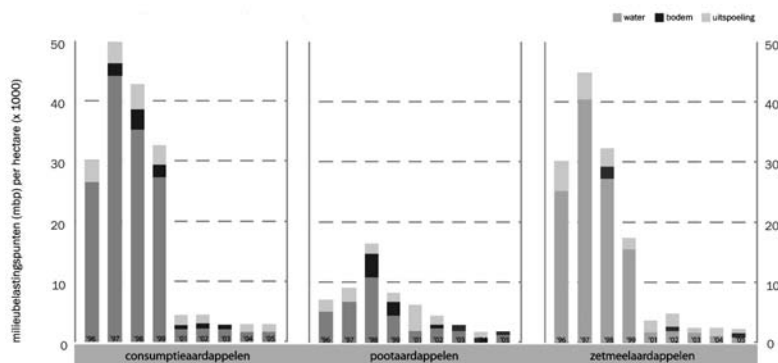
- Phytophthora info. Directe mailing naar Nederlandse aardappeltelers. Een of tweemaal per jaar zullen alle, bij het HPA bekende, aardappeltelers een mailing ontvangen met daarin de actuele ontwikkelingen op het gebied van Phytophthora en de bestrijdingsstrategie. Tevens zal worden

gecommuniceerd over het afdekken van de afvalhopen, het bestrijden van excessieve haarden en het verplicht bestrijden van aardappelopslag.

- Extra communicatie via handel/intermediairs. Naast de jaarlijkse rechtstreekse mailing naar de aardappeltelers worden de voorlichters deze winter bijgepraat over de meest recente stand van zaken, zodat ook via deze weg telers extra informatie kunnen krijgen.
- Proefbedrijven. Zeven regionale proefbedrijven laten dit jaar het effect zien van verschillende gewasbeschermingsstrategieën. Zij maken gebruik van rassen die veel geteeld worden in het betreffende gebied en

die een verschillende mate van resistentie hebben. Middelenkeuze en dosering hangen hiermee samen. Tijdens open dagen kunnen telers het effect met eigen ogen beoordelen en daarover van gedachten wisselen met de onderzoekers van PPO. Via het weekblad Nieuwe Oogst krijgen telers wekelijks een grafiek gepresenteerd waarin te zien is hoe de ziektedruk zich ontwikkelt op de verschillende locaties en met de verschillende gewasbeschermingsschema's. De locaties zijn: Lelystad, Westmaas, Rusthoeve, Valthermond, Vredepeel, Kollumerwaard en Slootdorp.

- Wekelijkse update. Om telers bij de verschillende stra-

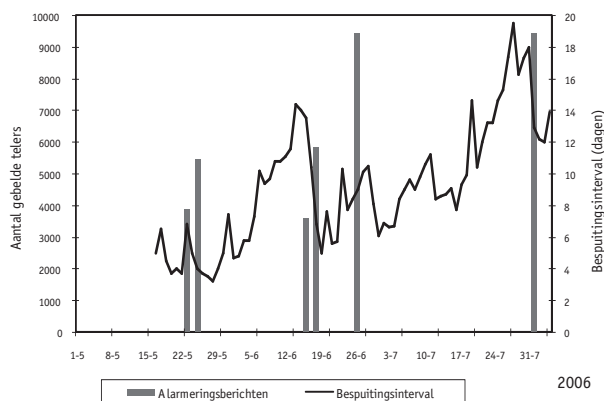


Figuur 1. Jaarlijkse milieubelasting in milieubelastingspunten per aardappeltype per hectare in 1996-2005.



tegieën te betrekken zal via Nieuwe Oogst wekelijks een grafisch overzicht worden gegeven van de stand van zaken op de demobedrijven m.b.t. ziektedruk en bestrijdingsstrategie.

- Alarmering Phytophthora-thorakansrijke periodes. De Phytophthora-waarschuwingsdienst van het Masterplan wordt door telers nog altijd zeer gewaardeerd, zo blijkt uit de enquête. Negen van de tien telers onderneemt direct actie of wint advies in na een telefoontje, sms of fax. Met ingang van dit groeiseizoen kunnen aardappeltelers op [www.kennisakker.nl](http://www.kennisakker.nl) (klik op Masterplan) gratis actuele informatie opvragen over de ziektedruk. Aan de hand van gekleurde symbolen op een kaart van Nederland is in een oogopslag te zien hoe de ziektedruk (laag, midden, hoog) zich ontwikkelt op de dag zelf, de dag ervoor en twee dagen vooruit. De nieuwe online-service is opgesteld naar aanleiding van de enquête over de Phytophthora-waarschuwingsdienst, waarin telers aangaven hieraan behoefte te hebben. **Ook het doorgeven van haarden kan nu (anoniem) via de site.** Aan de hand van opgave van de postcode helpt u de

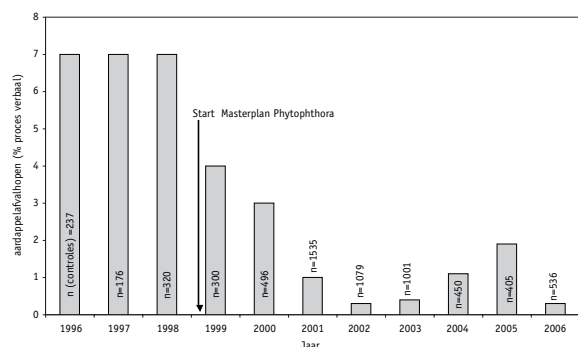


Figuur 2. Het aantal aardappeltelers dat een allarmeringstelefoontje heeft gekregen (linker-as; staven) en het gemiddeld aantal dagen tussen twee bespuitingen op basis van een beslissingsondersteunend systeem (Dacom).

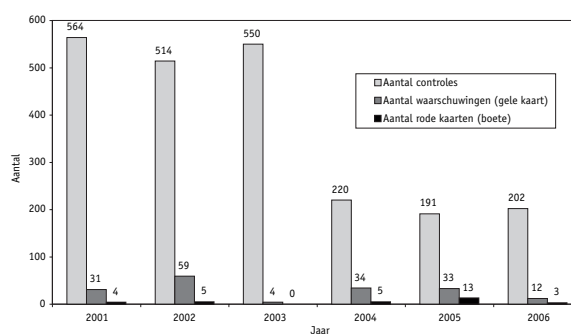
gegevens up-to-date te houden. Voor het melden van strafbare bronnen blijft NAK-AGRO het aanspreekpunt.

- Handhaving. Het reguliere systeem van de gele/rode kaarten voor de HPA-verordening Bestrijding Phytophthora via NAK-Agro zal voortgezet worden (Tabel 1). Dit functioneert goed en wordt door de praktijk als waardevol beschouwd. Op deze manier worden afvalhoopen, excessieve haarden en aardappelopslag op een goede manier verminderd. Het project waarin biologische en gangbare telers samen de Phytophthora-regels handhaven krijgt een vervolg in 2007. Biologische en gangbare telers hebben tijdens het

groeiseizoen te maken met conflicterende belangen. Om die spanning te doorbreken, hebben telers in Zuidelijk Flevoland in 2006 proefgedraaid met zelfhandhaving van de HPA-regels. Gedurende het seizoen hebben de biologische en gangbare telers samen controles uitgevoerd en de bestrijding van de aardappelziekte met elkaar afgestemd. Uit evaluatie blijkt dat telers deze aanpak nuttig vinden. Belangrijke voorwaarde voor het slagen is wel dat het initiatief komt vanuit de telers(groep) zelf en alle telers in een gebied meedoen. Het HPA wil deze vorm van handhaving waar mogelijk uitbreiden naar andere gebieden.



Figuur 3. Aantal door de Algemene Inspectie Dienst, Plantenziektenkundige Dienst en NAK Agro uitgevoerde controles en resulterende percentages proces verbaat.



Figuur 4. Aantal controles op excessieve haarden uitgevoerd door de Plantenziektenkundige Dienst en het resulterende aantal gele en rode kaarten.

# Optimale bestrijding met waarschuwingssystemen

Peter Raatjes

Dacom PLANT-Service BV, Postbus 2243, 7801 CE Emmen; tel: 0591-632474; fax: 0591-632473; e-mail: pr@dacom.nl

**De aardappelziekte, *Phytophthora infestans*, is een algemeen probleem sinds de grote uitbraak die leidde tot de hongersnood in Ierland in 1845. Aardappeltelers over de gehele wereld stellen zich in het groeiseizoen dagelijks dezelfde vraag: “Moet ik vandaag mijn aardappelen spuiten tegen aardappelziekte of niet?” Het resultaat is vaak een preventief bespuitingsschema met een min of meer wekelijks interval waardoor de teler rustig slaapt. Deze strategie is meestal afdoende, maar soms komt de teler voor een verrassing te staan als blijkt dat zijn perceel toch is aangetast. Daarnaast is ook de toenemende druk vanuit consument en milieu een reden om te kijken welke mogelijkheden er zijn om minder afhankelijk van fungiciden te worden.**

**Waarschuwingssystemen helpen telers om enerzijds verrassingen in het veld te voorkomen en anderzijds de intervallen aan te passen aan de ziektedruk. Daarnaast geeft het systeem duidelijk aan of de uitgevoerde bespuitingen nodig waren om een gezond gewas te telen.**

## **Beslissingsondersteuning**

De drie parameters voor een goede ziektebestrijding zijn gewas, ziekte en weer. Een beslissingsondersteunend model beoordeelt al deze parameters en komt dan met een “ja” of “nee” als antwoord op de vraag “moet ik vandaag spuiten?”. Tenminste dat is wat de meeste gebruikers verwachten. Helaas is het niet zo zwart-wit.

Op basis van de levenscyclus van de ziekteverwekker, metingen van het weerstation-netwerk en de actuele tiendaagse weersverwachting berekenen ziektemodellen als PLANT-Plus of er zich een zogenaamde kritieke periode voordoet. Hiervoor simuleert het model de complexe materie van de levenscyclus van *P. infestans*. Een kritieke periode voor infectie ontstaat als de

opeenvolgende stappen in de cyclus met succes worden doorlopen: sporenvorming, verspreiding en indringing in een onbeschermd blad. Vervolgens zet het model de kritieke periode tegenover de hoeveelheid onbeschermd blad. Onbeschermd blad wordt bepaald door slijtage van de laatst uitgevoerde bespuiting en groei van nieuw blad. Met name groei is een veelal onderschatte factor. Als blijkt dat kritieke periodes samenvallen met de aanwezigheid van onbeschermd blad dan zal het model wel of geen bespuiting adviseren. Daarnaast adviseert het model welk type gewasbeschermingsmiddel een teler moet gebruiken. Preventief als in de komende dagen kritieke periodes worden verwacht. Curatief of systemisch als in de afgelopen dagen kritieke periodes zijn waargenomen,

waardoor het gewas niet afdoende is beschermd.

Telers moeten het model dagelijks raadplegen om op de hoogte te zijn van de actuele situatie. En vervolgens moeten ze een beslissing nemen, want dat doen ze nog steeds zelf. De modellen zijn er om de beslissing beter en gemakkelijker te nemen. Wat doe je als het model je na drie tot vier dagen adviseert om alweer te gaan spuiten? Wat doe je als het model je gedurende vier weken adviseert om niet te spuiten? Dit soort intervallen kunnen in de praktijk ontstaan.

De eerste prioriteit van het model is om *Phytophthora* te voorkomen. Bij slechte omstandigheden betekent dit dat het model bespuitingen met een kort interval zal adviseren. De teler kan de noodzaak van deze bespuitingen dan aantonen. Pas als de weersomstandigheden gaan meewerken en het langdurig droog en zonnig weer is, kan de teler gaan besparen. Langjarige proeven in Nederland hebben aangetoond dat er op deze manier zo'n 25% kan worden bespaard. Standaard schema's zijn altijd een compromis tussen zo weinig mogelijk maar toch wel een goede verzekering. Met een beslissingsondersteunend systeem weet je precies wanneer het gevaarlijk is, zodat je de maximale bescherming kunt aanbrenge(n), en wanneer je minder beschermd kunt zijn, omdat er

ARTIKEL

geen kritieke perioden zijn en *P. infestans* je gewas toch niet kan infecteren.

### Weerstation-netwerk

De hierboven aangeduide berekeningen worden vanzelfsprekend grotendeels beïnvloed door de weersomstandigheden. In Nederland is daarom een netwerk van zogenaamde agro-weerstations geïnstalleerd. Deze stations meten elk uur de luchttemperatuur, relatieve luchtvochtigheid, neerslag, windsnelheid en -richting en straling. De gegevens van de stations worden via radio-telemetrie of GPRS uitgelezen en via Internet beschikbaar gesteld. Continue beschikbaarheid van betrouwbare data is van groot belang voor goede advisering.

Om bespuitingen ruim van tevoren te kunnen plannen, is een goede weersverwachting noodzakelijk. Natuurlijk komt de verwachting wel eens niet

uit, maar het is de beste informatie die beschikbaar is op het moment van de beslissing om een keuze te maken.

Vaak wordt de vraag gesteld: "Hoe kan die computer in Emmen nu weten hoe het met mijn gewas in Zeeland zit?" Het antwoord hierop is eenvoudig. Het model simuleert de levenscyclus van *P. infestans*, en dan maakt het niet uit of het twintig graden is in Friesland of in Limburg. Het systeem neemt de metingen van het dichtstbijzijnde weerstation en baseert hierop de berekeningen.

Naast het weer is de actuele regionale haardensituatie belangrijk. Het systeem rekent altijd met een basis-infectiedruk, maar vanzelfsprekend worden de kritieke perioden heftiger als er meer haarden zijn. Via [www.kennisakker.nl](http://www.kennisakker.nl) kan iedereen onder de knop "Masterplan Phytophthora" inzage krijgen in de actuele haardensituatie en hier ook anoniem haarden melden.

### Informatieverspreiding

De informatie uit de waarschuwingssystemen wordt op diverse manieren verspreid. Telers kunnen zelf een abonnement nemen en de actuele informatie bekijken, gekoppeld aan hun teeltregistratie. Op hun PC wordt dan een programma geïnstalleerd. Via Internet ([www.alphi.nl](http://www.alphi.nl)) en telefoon (0900-8585000) kunnen telers gratis een regionaal waarschuwingssysteem raadplegen.

Vanuit het Masterplan Phytophthora is een project geïnitieerd om alle aardappeltelers in Nederland via telefoon, fax of SMS te waarschuwen zodra zich er in hun regio een kritieke periode voordoet. Telers kunnen via [www.kennisakker.nl](http://www.kennisakker.nl) de actuele situatie bekijken. Iedere aardappelteler en adviseur in Nederland heeft dus de actuele informatie over Phytophthora binnen handbereik.



Figuur 1. Agro-weerstation

# Phytophthora succesvol aangepakt met publiek-private samenwerking

Erik Greve en Pieter Hijma

Hoofdproductieschap Akkerbouw, Stadhoudersplantsoen 12, Postbus 29739, 2502 LS Den Haag; e-mail: h.j.greve@hpa.agro.nl

**Het Parapluplan Phytophthora is een schoolvoorbeeld van de mogelijkheden van publiek-private samenwerking. Beide partijen versterken elkaar door, al samenwerkend, te luisteren, te respecteren en te handelen. Samen wordt meer bereikt dan afzonderlijk mogelijk is.**

## Masterplan en parapluplan

Het in 1999 gestarte en nog steeds lopende Masterplan Phytophthora, een initiatief van LTO-Nederland en gefinancierd door het Hoofdproductieschap Akkerbouw, heeft zich altijd gekenmerkt door een breed pakket aan actiepunten, variërend van preventieve maatregelen (onder andere aanpakken infectiebronnen) tot ketenafspraken over de teelt van minder gevoelige rassen. De ontwikkeling van nieuwe kennis vormde een belangrijk onderdeel van het masterplan, maar stond niet centraal.

Na de eerste jaren van het masterplan werd de reorganisatie van het landbouwkundig onderzoek door overheid en bedrijfsleven afgerond. Wageningen UR werd geboren en voelde al snel de behoefte om de aanwezige Phytophthora-kennis en -expertise van praktijkonderzoek, instituten en universiteit dichterbij elkaar te brengen in de vorm van het Parapluplan Phytophthora. In andere artikelen in dit thema-nummer vindt u uitgebreide informatie over de twee 'plannen'. Al snel werd duidelijk dat masterplan en parapluplan elkaar konden versterken door inniger samen te werken en

deze samenwerking is en wordt nog steeds beloond.

## Samenwerking

Samenwerking tussen akkerbouwsector, onderzoek en overheid is natuurlijk niets nieuws. De Nederlandse landbouw heeft haar uitstekende internationale positie voor een belangrijk deel te danken aan het goede kennisniveau van de ondernemers in teelt, handel en industrie en aan de levering van kennisintensieve producten. Het veel geroemde OVO-drieluik (Onderzoek-Voorlichting-Onderwijs) heeft hierbij een enorme rol gespeeld en ook daarbij werd samengewerkt. Denk maar aan de gezamenlijke financiering en besturing van het praktijkonderzoek door bedrijfsleven en overheid.

Eind vorige eeuw verslaptte de innige samenwerking echter, beginnend met de privatisering van de landbouwvoorlichting en eindigend met de reorganisatie van het praktijkonderzoek. De resterende samenwerking had steeds meer betrekking op hoofdlijnen en kreeg soms wat formele trekjes, treffend verwoord in de term 'ontvlechting'.

Bij de samenwerking tussen masterplan en parapluplan

is echter gelukkig weer een kerende tendens te bespeuren. Overheid en bedrijfsleven reiken elkaar de hand en werken inhoudelijk innig samen met als doel de akkerbouwsector verder te versterken.

## Besluiten

Samenwerking in algemene zin is het gevolg van de goede contacten tussen onderzoek, overheid en bedrijfsleven. De effectieve samenwerking van nu is echter vooral het gevolg van twee besluiten. Het Ministerie van LNV heeft als opdrachtgever voor het parapluplan moedig besloten de aansturing van het plan grotendeels in handen te leggen van het aardappelbedrijfsleven. Het bedrijfsleven heeft zich in ruil daarvoor verplicht de resultaten van het parapluplan te verspreiden en te implementeren via het masterplan. Deze besluitvorming heeft tot gevolg gehad dat de kennisontwikkeling is versterkt door een betere aansluiting bij de kennisbehoeften van de sector en dat de kennisverspreiding is versterkt door een effectieve en efficiënte inbreng van de expertise van het onderzoek.

## Niet altijd gemakkelijk

Beide plannen hebben elk een stuurgroep die op hoofdlijnen aanstuurt en de opdrachtgevers adviseert. De formele verantwoordelijkheden en bevoegd-

ARTIKEL



heden van overheid en bedrijfsleven zijn helder; er is geen sprake van vervlechting.

De stuurgroep van het parapluplan wordt geadviseerd door het zogenaamde deskundigenoverleg en dit overleg wordt op zijn beurt geadviseerd door klankbordgroepen op themaniveau. Het is vooral in deze overleggroepen waar de samenwerking gestalte krijgt, doordat aardappelbedrijfsleven en onderzoekers veelvuldig en inhoudelijk met elkaar overleggen over richting, organisatie en uitvoering van activiteiten.

Vooraf bij de start van de samenwerking in 2003 was te merken dat er, naast wederzijds respect, ook sprake was van wantrouwen: wetenschappers die bang waren dat het bedrijfsleven teveel op hun stoel gingen zitten en bestuurders die

bang waren dat de wetenschappers zich te ver van de praktijk zouden afkeren. Er dreigde een gevecht om het stuur, en teveel handen aan een stuur zorgen voor onbestuurbaarheid of een ongewild ongeluk.

In het parapluplan is echter gebeurd wat gelukkig vaak gebeurt als mensen intensief contact met elkaar hebben. Na enige tijd treedt een soort van specialisatie op, waarbij de sterke punten van een ieder worden benut. Het voertuig (parapluplan en masterplan) krijgt een gezamenlijk doel (continuering van de Nederlandse aardappelteelt door beheersing van *Phytophthora* met zo min mogelijk milieubelasting), waarbij de een kaartleest en de ander de techniek bedient. Er kan nog best eens sprake zijn van een flink meningsverschil. Maar de een kan niet zonder de ander

en gezamenlijk wordt toch op topsnelheid het doel bereikt.

### ***Dat smaakt naar meer***

Publiek-private samenwerking als in masterplan en parapluplan verdient navolging. En die komt er ook, want de komende jaren zullen er meer initiatieven gekenmerkt worden door een dergelijke intensieve samenwerking. Wij willen u alvast wijzen op 'Kiemkracht', een samenwerkingsverband tussen Innovatienetwerk en HPA dat zich gaat richten op grensverleggende innovaties in de primaire sector. En ook het overleg over het kabinetsprogramma 'Klimaat en energie: schoon en zuinig' zal ongetwijfeld nieuwe samenwerkingsverbanden opleveren.

De samenwerking rond *Phytophthora* heeft ons en anderen hopelijk geleerd dat het zo kan en moet.



*Figuur 1. Sporenvangers om windverspreiding van *Phytophthora* vast te leggen.*

# Parapluplan *Phytophthora*: het laaghangend fruit is binnen

Interview met Hans Schollaart en Jaap Ekkes, LNV.

Liesbeth Idema

In 2003 hebben het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV) en het bedrijfsleven een convenant gesloten om de milieubelasting door bestrijdingsmiddelen substantieel te verminderen. In de aardappelteelt is *Phytophthora infestans* de oorzaak van “de aardappelziekte” die in hoge mate het gewas aantast. De inzet van bestrijdingsmiddelen tegen deze ziekte was tot nu toe hoog. Een effectieve bestrijding is moeizaam omdat de ziekteverwekker zich snel ontwikkelt in het gewas en zich kan aanpassen aan nieuwe resistenties en bestrijdingsmiddelen. Hoe bestrijd je deze ziekte op een effectieve manier en met zo min mogelijk inzet van bestrijdingsmiddelen? Overheid én bedrijfsleven zijn al een aantal jaren actief met verschillende onderzoeksprogramma's waaronder het Parapluplan *Phytophthora* en DuRPh.

De doelstelling voor 2005 was de milieubelasting door bestrijdingsmiddelen tegen *P. infestans* te halveren ten opzichte van de situatie in 1998. Een evaluatie van het LEI in 2006 wijst uit dat deze doelstelling voor 2005 ruimschoots is bereikt. Hans Schollaart en Jaap Ekkes van het Ministerie van LNV zijn bij de *Phytophthora*-problematiek betrokken. Zij spreken van ‘laaghangend fruit’ als het gaat om de gestelde doelstelling voor 2005.

Wat heeft de gezamenlijke inzet van het bedrijfsleven en overheid tot nu toe opgeleverd en wat gaat er nog meer gebeuren? Die vragen staan centraal in een vraaggesprek met beide vertegenwoordigers van LNV.

**Waarom heeft LNV jaarlijks zo'n € 2,5 miljoen over voor het terugdringen van *Phytophthora*?**

Hans Schollaart, beleidsmedewerker bij de Directie Landbouw: “Het aardappelareaal in Nederland is groot. De middelen tegen de aardappelziekte *Phytophthora* zijn misschien niet de meest milieubelastende, maar de gespoten hoeveelheden zijn omvangrijk en de spuitfrequentie is hoog. Bij *Phytophthora* zie je bovendien dat aardappeltelers steeds meer grootverbruiker van

bestrijdingsmiddelen dreigen te worden. Tegelijkertijd lijkt de ziekte steeds minder beheersbaar te worden. Het doel van het bedrijfsleven is de toepassing van bestrijdingsmiddelen te optimaliseren, het milieu zo min mogelijk te belasten én *Phytophthora* als ziekte onder de duim te houden. Samen met de overheid en het onderzoek werd een visie opgesteld voor de aanpak van de *Phytophthora*-problematiek: het Parapluplan. Een belangrijke uitwerking binnen dit raamplan is het Masterplan *Phytophthora* waarin het bedrijfsleven

de kennisdoorstroming naar de praktijk heeft beschreven. De inzet van het bedrijfsleven is helemaal in lijn met de afspraken in het convenant gewasbescherming. Daarin hebben we als doel geformuleerd in 2010 de milieubelasting door bestrijdingsmiddelen met 95% te verminderen ten opzichte van de situatie 1998. Daarom ondersteunt LNV het Parapluplan financieel. Recentelijk is daar het DuRPh-project bij gekomen. Het doel van dit project is *Phytophthora*-resistente aardappelrassen te ontwikkelen. Voormalig minister Veerman heeft gelden voor dit project aangevraagd en gekregen uit het Fonds Economische Structuurversterking (FES), de zogenaamde ‘aardgasbaten.’”

Jaap Ekkes, beleidsmedewerker bij de Directie Kennis: “Er is al veel onderzoek gedaan naar praktijktoepassingen van schimmelbestrijding. Toch is er nog veel te halen onder meer met gericht onderzoek en betere doorstroming van de onderzoeksresultaten naar de praktijk.”

**Welke rol spelen jullie vanuit LNV in de oplossing van de *Phytophthora*-problematiek?**

Hans: “Bij de start van het Parapluplan is gekozen voor een lange-termijntraject tot 2013 met een bijzondere aansturing van het onderzoek. LNV finan-

ARTIKEL

ciert het onderzoek en speelt in de aansturing van het Parapluplan een relatief bescheiden rol. De sector speelt de hoofdrol.”

Jaap: “Het Parapluplan Phytophthora richt zich op kennisontwikkeling en kennisverspreiding. Het gaat dan enerzijds om praktijkgericht en fundamenteel onderzoek door WUR. Onderzoek dat zich richt op hoe in de praktijk de ziekte beheerst kan worden, onderzoek naar de levenscyclus van *P. infestans* maar ook op het versterken van aardappelrassen (genomics-onderzoek). Anderzijds zet het bedrijfsleven, vertegenwoordigd door de LTO, zich met het Masterplan in om de praktijkgerichte kennis zo snel mogelijk te implementeren, bij de telers te brengen. Mijn bemoeienis met Phytophthora is dat ik namens de directie Kennis van LNV deelneem aan het zogenoemde Deskundigenoverleg (DO) met onderzoekers. Daarnaast ben ik secretaris van de Stuurgroep van het Parapluplan Phytophthora. De directie Kennis heeft als taak de kennisontwikkeling en -verspreiding samen met de beleidsdirecties, aan te sturen. Wij vinden het belangrijk dat die kennis goed doorstroomt naar telers. Phytophthora is immers een belangrijk maatschappelijk onderwerp.”

Hans: “Als oud-plantenziektkundige vind ik Phytophthora een boeiende ziekte ook omdat het zo'n enorme maatschappelijke impact heeft. Als beleidsmedewerker bij de directie Landbouw heb ik gewasbescherming in mijn takenpakket. Het ministerie van LNV streeft met het gewasbeschermingsbeleid naar een duurzame vorm van gewasbescherming. Die doelstelling kunnen we alleen samen met het bedrijfsleven bereiken. In het convenant gewasbescherming zijn afspra-

ken gemaakt over de benodigde kennisontwikkeling en -doorstroming. LNV moet ervoor zorgen dat haar kennisinstrumenten zijn afgestemd op de problemen van het (aardappel)bedrijfsleven. Ik neem deel aan de Stuurgroep (SG) van het Parapluplan Phytophthora en ik ben lid van de begeleidingscommissie van het Duurzame Resistentie tegen Phytophthora (DuRPh)-project. Je kunt je voorstellen dat Jaap en ik regelmatig met elkaar overleggen.”

### ***De sector zorgt voor de communicatie naar telers en gebruikers. Waarom kiest LNV voor deze manier van aansturen van het onderzoek en werkt het?***

Hans: “Er is bij het Parapluplan bewust gekozen voor een Stuurgroep met een voorzitter uit het bedrijfsleven. Hierdoor bepaalt het bedrijfsleven wat er gebeurt. Vanuit het Masterplan Phytophthora is het bedrijfsleven 100% verantwoordelijk voor de kennisdoorstroming over Phytophthora. De praktische onderzoekresultaten komen in een zogenoemde Toolbox. Deze gebruikt het bedrijfsleven voor de implementatie in de praktijk. Wij zijn partner in het Parapluplan, hebben een sturende rol en controleren of datgene wat het onderzoek in de Toolbox stopt, ook daadwerkelijk bij de telers terechtkomt. Mijn persoonlijke mening is dat dit goed werkt, juist door die koppeling van overheid en bedrijfsleven.”

### ***Is deze manier van organiseren en aansturen ook geschikt voor andere (beleidsondersteunende) programma's en sectoren?***

Hans: “Deze vorm van aansturing is voor LNV een experi-



*Jaap Ekkes, Directie Kennis LNV: Phytophthora is een uitdagend onderwerp omdat er zo veel partijen bij betrokken zijn.*

ment. Ik ben tevreden over de samenwerking met het bedrijfsleven. We zijn grote stappen vooruitgekomen, zelfs sneller dan we hadden voorzien. De financiële bijdrage van de overheid moest goed aansluiten bij de lopende activiteiten van het Parapluplan. Met de huidige opzet is dat naar mijn mening goed gelukt.”

Jaap: “Het was een politieke beslissing ernaar te streven dat 10% van de onderzoeksinzet gericht is op biologische landbouw. Biologische landbouw kan voor de gangbare landbouw belangrijk zijn vanwege haar kraamkamerfunctie, maar het bleek in het begin heel moeilijk hier vorm aan te geven, ook in het Parapluplan”.

Hans: “LNV streeft naar geïntegreerde gewasbescherming en duurzame landbouw en wil daarom de biologische landbouw stimuleren. LNV ziet biologische landbouw als een verregaande vorm van duurzame landbouw en als een kraamkamer voor de gangbare landbouw. Daarom hebben wij geprobeerd de biologische

ARTIKEL



sector mee te laten liften in het Parapluplan.

Dat is niet goed gelukt. De gangbare landbouw zag diverse biologische bestrijdingsmethoden met hogere risico's niet zitten. In de praktijk én in het onderzoek lopen de ideeën nog te veel uit elkaar. Mede hierdoor is het nog de vraag of we deze manier van aansturen bij andere programma's gaan toepassen."

### **Heeft het Parapluplan tot op heden opgeleverd wat LNV ervan had verwacht?**

Hans: "De 50% reductie van de milieubelasting (2005 ten opzichte van 1996-1998) is gehaald. Het bedrijfsleven heeft laten uitrekenen dat er al 93% reductie bereikt zou zijn ten opzichte van 1993. Wij gebruiken hiervoor wel de metafoor 'laaghangend fruit'. Het laaghangende fruit is in de eerste vier jaar geplukt en er was aanzienlijk meer laaghangend fruit dan wij oorspronkelijk hadden geschat. Dat is heel mooi. Het is nu van belang om in te zetten op het hogere fruit. De bestrijdingsmiddelen worden genuanceerder en gedoseerder gebruikt en er zijn zeker impulsen om ze doeltreffender in te zetten. Maar er kan nog geen enkele aardappelteler zonder bestrijdingsmiddelen."

Jaap: "Je ziet dat akkerbouwers elkaar stimuleren en kennis met elkaar delen. Ze kijken eerst naar de Phytophthora-waarschuwingen voordat ze gaan spuiten. Meer dan in het verleden het geval was, zien de akkerbouwers de bestrijding van Phytophthora volgens mij als een collectieve verantwoordelijkheid. Daarmee is de noodzaak om te spuiten minder geworden."

### **Wat is de relatie tussen het DuRPh-project en het Parapluplan Phytophthora**

Hans: "Natuurlijk is er een relatie tussen het Parapluplan en DuRPh-project. In de Stuurgroep zijn wij ook goed geïnformeerd over dit project. In mijn optiek zoekt DuRPh naar oplossingen op de lange termijn door op zoek te gaan naar resistentiegenen en die in te bouwen in bestaande rassen. De grote vraag is natuurlijk: Is de maatschappij bereid om een aangepaste vorm van GMO-techniek, namelijk cisgenese, te accepteren?"

Jaap vult aan: "In het Parapluplan wordt ook gewerkt aan genomics en hierbij speelt die maatschappelijke discussie ook."

### **Wat vinden jullie van de cisgene aanpak in het DuRPH-project?**

Hans: "Cisgenese, dus veredeling met aardappeleigen genen, wordt in het DuRPh-project gebracht als normale veredeling (genese) en dus als een natuurlijk proces. Het lijkt daarmee op klassieke veredeling met selectie en inkruisen. De onderzoekers beweren dat cisgenese sneller gaat en netter kan dan normale genetische modificatie, omdat het merkervrij zou kunnen. Of er werkelijk geen 'gereedschap' achterblijft bij het inbrengen van die aardappeleigen genen en dit werkelijk geen effect heeft achteraf is volgens mij nog niet helemaal duidelijk. Ik laat me op dit punt graag informeren door het onderzoek."

Jaap: "Nederland is een voorloper als het gaat om veredeling bij aardappelen. Deze positie moeten we vasthouden ook door gebruik te maken van de nieuwste methoden. Uiteraard moeten we daarbij veel aandacht



*Hans Schollaart, Directie Landbouw LNV: Bij cisgenese gaat het niet alleen om wat we kunnen, in de discussie speelt emotie ook een rol van betekenis. Dit zijn zoekprocessen in het kwadraat.'*

besteden aan de maatschappelijke discussie die speelt rondom genetische modificatie."

### **DuRPh is GMO-onderzoek. Wat is het officiële standpunt van LNV over GMO-onderzoek?**

Hans: "De lijn van de overheid is verwoord in de integrale nota Biotechnologie." Hij citeert uit deze nota: *'De overheid ziet de ontwikkeling van Biotechnologie als een wereldwijd verschijnsel dat niet is te stoppen. De overheid ziet grote kansen in deze nieuwe technologie voor de samenleving. Ook vindt zij het belangrijk dat Nederland een vooraanstaande positie inneemt in de ontwikkeling van biotechnologie. En uiteraard moet dat ook verantwoord zijn: veilig voor volksgezondheid, milieu en biodiversiteit. Belangrijk is ook de keuzevrijheid van de consument.'* Hans: "Volgens mij is DuRPH een goede gelegenheid om dit gebied te verkennen. De maatschappelijke discussie



over deze 'aangepaste' GMO's moet immers nog plaatsvinden. De overheid neemt geen standpunt in, maar maakt het wel mogelijk dat er onderzoek naar gedaan wordt. Zowel naar de technische mogelijkheden als naar het maatschappelijke draagvlak voor deze techniek. Binnen DuRPh is communicatie over merkervrije cisgenese een deelproject, waardoor die maatschappelijke discussie gevoed kan worden. LNV ziet DuRPh als een 'probeersel' en wil dit begeleiden, ook omdat we in Nederland anders misschien een slag missen op technisch gebied."

Jaap: "In het Parapluplan zit die discussie niet ingebakken. Binnen het DuRPh-project wel, maar daar zie ik nog weinig discussie plaatsvinden. Het zou goed zijn als de sector van plantaardig uitgangsmateriaal hierover uitspraken zou doen. Ik beseft dat het een gevoelige materie is voor de sector, maar we moeten de discussie wel

aangaan. Alleen dan wordt duidelijk wat de (maatschappelijke) mogelijkheden zijn van deze technieken."

### **Gaat LNV de Phytophthora-problematiek en de 'aangepaste' GMO-aanpak op de EU-kennisagenda zetten?**

Hans: "Natuurlijk wordt er bij LNV gekeken hoe we bij het onderzoek meer kunnen samenwerken binnen de EU. Onder de vlag van Endure (het zojuist gestarte Network of Excellence in de EU over Crop protection) bijvoorbeeld worden de eerste belangrijke stappen gezet. Ik verwacht echter met name een verdergaande samenwerking op het gebied van de bestrijdingsmiddelen. Op dat terrein hebben we een gemeenschappelijk belang namelijk de geharmoniseerde beoordeling van de toelating van middelen binnen de EU-landen."

### **Als jullie vooruitkijken naar het jaar 2013, wat hopen jullie dat er dan op het terrein van Phytophthora is bereikt?**

Jaap: "De kennis over Phytophthora zal dan enorm zijn toegenomen, zeker bij de akkerbouwers. Ik ga ervan uit dat zij die kennis kunnen inzetten om verantwoord met de toepassing van bestrijdingsmiddelen om te gaan."

Hans: "Ik hoop dat de noodzaak om bestrijdingsmiddelen in te zetten beperkt is. Ik verwacht echter dat er nog steeds bestrijdingsmiddelen nodig zijn en dat je ook met resistente rassen nog bestrijdingsmiddelen nodig hebt. *P. infestans* is namelijk een lenig organisme met een groot aanpassingsvermogen. We moeten ons dus steeds inzetten om Phytophthora voor te blijven. Ik hoop dat projecten als DuRPh die voorsprong geven."



*Bloeiende aardappelplant met Phytophthora.*

# Wat heeft Parapluplan Phytophthora (2003 – 2013) al bereikt?

Piet M. Boonekamp

Plant Research International, Postbus 16, 6700 AA Wageningen; e-mail: p.m.boonekamp@wur.nl

**In 2003 is het Parapluplan Phytophthora van start gegaan, gefinancierd door het Ministerie van LNV. Begin 2004 is in Gewasbescherming uiteengezet waarom een dergelijk overkoepelend onderzoeksprogramma voor de aardappelziekte nodig was. Ook werd de unieke samenwerking met de sector beschreven die een zware stem kreeg in de aansturing van het onderzoek en verantwoordelijk werd voor de doorstroming van de ontwikkelde kennis via het Masterplan Phytophthora. In dit artikel zal aangegeven worden wat er na vier jaar zowel aan nieuwe doorbraken en aan praktijkkennis is bereikt. Tevens zal kort besproken worden of de aansturing een succes was, en welke verdere onderzoekinitiatieven tot stand zijn gekomen als uitvloeisel van dit consortium van bedrijfsleven, overheid en onderzoek. Er zal vooral aan algemene resultaten gerefereerd worden. Voor meer details verwijs ik u gaarne naar andere artikelen in dit nummer waarin per thema de resultaten worden beschreven.**

## Doel

Bij aanvang van het Parapluplan in 2003 is onderstaande doelstelling geformuleerd, die nog steeds onverkort van kracht is: 'een tienjarig programma met het doel om in 2005 (via Parapluplan I) een halvering van de milieubelasting van bestrijdingsmiddelen via geïntegreerde gewasbescherming te realiseren en in 2013 (via Parapluplan II) wederom een halvering. Tevens is het doel de afhankelijkheid van middelen te verminderen.'

## Organisatie van het parapluplan

De organisatie van dit programma waarbij LNV de belangrijkste financier van het onderzoek is, maar de sector de regie voert was een volstrekt nieuw

experiment voor een LNV-programma. Dit gold voor alle drie de partijen. LNV: worden onze gelden wel goed beheerd? De sector: krijgen we voldoende praktijkresultaten voor onze doelstelling? Onderzoek: wordt het fundamentele onderzoek niet opgeofferd? De organisatie van aansturing (Figuur 1) bleek goed gekozen te zijn.

Via de jaarlijkse 'communicatiecirkel' werd praktijkrijpe informatie vanuit de 'toolbox' intensief met het Masterplan besproken en via een brochure naar alle telers gestuurd, ondersteund door vele lezingen, demonstraties, en gesprekken. Hierdoor kwamen de onderzoekresultaten dicht bij de praktijk te staan, zodat ze gemakkelijk werden opgenomen.

Via de jaarlijkse 'onderzoekscirkel' werd al het onderzoek jaarlijks goed geëvalueerd en bijgesteld. Het advies werd

opgesteld door het Deskundigenoverleg (DO) met vertegenwoordigers uit de verschillende sectorpartijen. Via intensieve vergaderingen van DO en onderzoekers kwam het advies tot stand. Omdat al snel bleek dat het DO zich – terecht - over alle projectdetails een mening wilde vormen, ontstond tijdnood bij de vergaderingen. Daarom werden per onderzoekthema 'klankbordgroepen' ingesteld, met in iedere klankbordgroep ten minste één vertegenwoordiger van het DO. Deze klankbordgroepen namen zeer gedetailleerd alle projecten van een thema door, en in het DO werd hiervan verslag gedaan. Het DO gaf vervolgens advies aan de Stuurgroep (SG), waarin vertegenwoordigers van de sectoren en LNV zitting hadden. De SG nam doorgaans de adviezen van het DO over, maar moest soms keuzes maken indien de projecten het beschikbare budget overschreden.

En heeft deze organisatievorm het aanvankelijke wantrouwen van de partners kunnen wegnemen? Het antwoord is JA! De belangrijkste reden is het ontstane vertrouwen dat ontstond door de intensieve contacten. De gelden werden door de sector goed beheerd en LNV werd door hen niet meer als een tegenpartij gezien. De onderzoekers bleken echt met praktijkresultaten te kunnen komen en niet alleen maar hun eigen hobby's na te streven, wat maakte dat de sector ook het

ARTIKEL

fundamentele onderzoek bleef ondersteunen. Er ontstond steeds meer het gevoel dat allen eensgezind het zelfde doel nastreefden.

Het programma was ook inhoudelijk buitengewoon succesvol, wat bevestigd werd door een commissie van internationale experts tijdens een visitatie van het gehele Parapluplan eind 2006. Parapluplan is ook internationaal een 'Geuzennaam' geworden en heeft Nederland met betrekking tot het onderzoek aan *Phytophthora* een belangrijke positie gegeven.

Dit heeft erin geresulteerd dat alle partners enthousiast besloten hebben om de organisatie van Parapluplan II niet te wijzigen.

### **Onderzoek in het parapluplan I (2003 – 2007)**

Het Parapluplan bestaat uit zes thema's die alle bijdragen aan de *Phytophthora-toolbox* van waaruit de gegenereerde kennis doorstroomt naar de praktijk (Figuur 2). Het Parapluplan is zo opgezet, dat gedurende de looptijd van tien jaar tussentijds steeds kennis gegenereerd wordt, die bruikbaar is voor een van de sectorpartijen. De kracht is dat kortdurend en langdurend onderzoek tegelijk is gestart, zodat de 'toolbox' eerst gevuld zou worden met praktijkrijpe resultaten vanuit het kortdurende onderzoek en later met die van het langdurende onderzoek.

De zes thema's van het Parapluplan zijn:

1. Toolbox: integratie van de resultaten vanuit de andere thema's tot resultaten die praktijkrijp zijn en die dan

via de communicatiekanalen van het Masterplan *Phytophthora* direct naar de praktijk worden overgedragen. Direct vanaf de start heeft de Toolbox i.s.m. het Masterplan prima gefunctioneerd. Praktijkresultaten zijn:

- adviezen omtrent het gebruik van verschillende middelen gedurende het seizoen met betere bescherming en minder milieubelasting
  - verfijnde bestrijdingsstrategieën, afhankelijk van de ziektedruk
  - lagere doseringen mogelijk, afhankelijk van de resistentie van de geteelde rassen
2. Populatiebiologie van *P. infestans*: ontwikkelen moleculaire tools voor identificatie van verschillende *Phytophthora*-populaties gedurende het teeltseizoen en voor optimalisering van beheersingsstrategieën (voor gewas én knolbescherming). De eerste resultaten zijn via de Toolbox naar de praktijk doorgegeven, waardoor een beter spuitgedrag mogelijk is:
    - vroege bescherming knol nodig
    - lagere doseringen bij resistentere rassen zijn mogelijkVerder zijn resultaten gevonden die na vervolgonderzoek in de praktijk geïmplementeerd kunnen worden, zoals:
    - resistentieontwikkeling van *P. infestans* tegen bestrijdingsmiddelen
    - mogelijkheid tot monitoring van populatieveranderingen in het seizoen via DNA-fingerprints
    - inzicht in het patroon van ontwikkeling en uitbreiding van vroege haarden
    - inzicht in het verband tussen agressiviteit en overleving in loof en knol
  3. Epidemiologie van *Phytophthora*: inzicht in alle factoren die voor de verspreiding van *P. infestans* zorgdragen, in relatie tot de zwakke plekken in de levenscyclus. Meerdere resultaten zijn al via de Toolbox naar de praktijk doorgegeven:
    - een veel beter spuitgedrag is nu mogelijk (timing voor eerste bespuiting en middelenkeuze gedurende het seizoen)
    - betere inschatting ziektedruk mogelijk ten behoeve van beslissingsondersteuningVerder zijn resultaten gevonden die na vervolgonderzoek in de praktijk geïmplementeerd kunnen worden zoals:
    - meer inzicht in relatie van de invloed van weerparameters op het gedrag van sporen in het gewas en in de atmosfeer
    - inzicht in overleving van sporen in gewas en grond in relatie tot knolinfectie
  4. Nieuwe bronnen van resistentie: een klein thema ter ondersteuning van het andere WUR-veredelingsonderzoek voor het vinden van nieuw resistentiemateriaal in wilde soorten. In 166 wilde *Solanum*-soorten is resistentie gevonden. Via kruisingspopulaties zijn hoofd (R)-genen geïdentificeerd in 14 soorten. De eerste resultaten zijn overgedragen aan de kwekers voor gebruik in hun veredelingsprogramma's.
  5. Genomics *Phytophthora* – aardappel interactie: inzicht in genen die bij deze interactie actief worden als aanknopingspunten van nieuwe resistentie- en beheersingsmechanismen. Overdracht naar de praktijk was nog niet gepland. Wel zijn er perspectievolle resultaten:

- genen van *Arabidopsis* die voor non-hostresistentie tegen *Phytophthora* dienen,
  - genen die bij interactie actief worden en verschillen in resistentiemechanismen van R-genen
  - inzicht in mechanismen van R-genen
6. Genomics *Phytophthora*: opsporen van genen van *Phytophthora* die essentieel zijn om infectie mogelijk te maken als aanknopingspunt van nieuwe bestrijdingsmiddelen. Overdracht naar de praktijk was nog niet gepland. Wel zijn er perspectiefvolle resultaten:
- efficiënte DNA-merkers die bruikbaar zijn voor onderscheid van *Phytophthora*-populaties (nu gebruikt door Thema 2)
  - genen die coderen voor eiwitten die specifiek zijn voor *Phytophthora* en die dit pathogeen waarschijnlijk absoluut nodig heeft voor infectie
  - inzicht in de opeenvolgende mechanismen van het infectieproces.

### Vervolg parapluplan

Het Parapluplan 2003 - 2007 is goed beoordeeld door LNV, door een internationaal wetenschappelijke visitatiecommissie en door de sector. De doelstelling 'reductie milieubelasting' is door de sector ruimschoots gehaald, mede dankzij de resultaten van het Parapluplan, maar de verminderde afhankelijkheid nog NIET. Daarom heeft de sector zich in een workshop enthousiast uitgesproken voor voortzetting in Parapluplan II (2007 – 2009).

Het doel van Parapluplan II is om zoveel mogelijk delen van het Parapluplan I praktisch te maken en veelbelovende

onderzoeklijnen voort te zetten. Omdat er nu ook een groot resistentieveredelingsprogramma voor aardappel (DuRPh, zie verder) van start is gegaan, werd besloten het accent *meer dan voorheen op* *Phytophthora* en minder op aardappel te leggen:

1. Toolbox: accent op verdergaande benutting van bestaande rasresistenties vooral m.b.t. knolbescherming en verfijning van 1<sup>e</sup> bespuiting.
2. Populatiebiologie: populatiestructuur tijdens teelt en bewaring met accent op virulentie, fungicidenresistentie en agressiviteit voor de knol.
3. Epidemiologie: ziektedruk in ruimte en tijd voor *fine-tuning*-bespuitingen (doseringverlaging en intervalverlenging ook in relatie tot knolaantastingswaarschuwingssysteem)
4. Nieuwe bronnen van resistentie: in materiaal ook knolresistentie meenemen en verder afwerken tot materiaal dat overdraagbaar is aan kwekers.
5. Interactie: verder uitwerken of genen voor vroege interactie aanknopingspunten voor nieuwe beheersingsmaatregelen kunnen vormen; nagaan of *Arabidopsis*-genen nieuwe R-genklassen zijn.
6. Genomics *Phytophthora*: verder uitwerken of gevonden genen en de twee hiervan afgeleide eiwitten aanknopingspunten vormen voor nieuw te ontwikkelen bestrijdingsmiddelen. *Phytophthora* is eind 2006 volledig gesequenced in de USA: een geweldige bron om nieuwe genen te vinden als aanknopingspunten voor bestrijding.

### Relatie parapluplan met DuRPh

Zoals elders in dit themanummer is beschreven, beoogt het programma DuRPh, om via het stapelen van resistentiegenen duurzame resistentie in aardappel te verkrijgen. Dit wordt nagestreefd door op een slimme manier R-genen met verschillende werkingsmechanismen tegen *P. infestans* te combineren in één aardappelplant. *Phytophthora* zal echter proberen om deze resistentie te doorbreken via verandering van virulentiegenen. Gezien de historie zal dat ook zeker lukken als we haar ongebreideld haar gang laten gaan.

Het Parapluplan II zal zich dan ook met de populatiestructuur van *P. infestans* gaan bezighouden, om de duurzame resistentie vanuit het DuRPh-project te ondersteunen. Intensief zal onderzocht worden of er stapeling van virulentiegenen in één kloon van *P. infestans* kan gaan optreden en wat de dynamiek hiervan is. Ook zal in veldproeven en in de praktijk gemonitord worden onder welke omstandigheden dergelijke veranderingen in virulentiepatronen het snelst gaan. Deze gegevens zullen gebruikt worden om maatregelen te ontwikkelen om verbreding van virulentie van *P. infestans* onder veldomstandigheden tegen te kunnen gaan. Dit is absoluut noodzakelijk om straks te voorkomen dat resistenties in aardappelen die na jaren verkregen zijn via genstapeling zoals in DuRPh of via kruisingsverdeling, snel door *P. infestans* worden doorbroken.

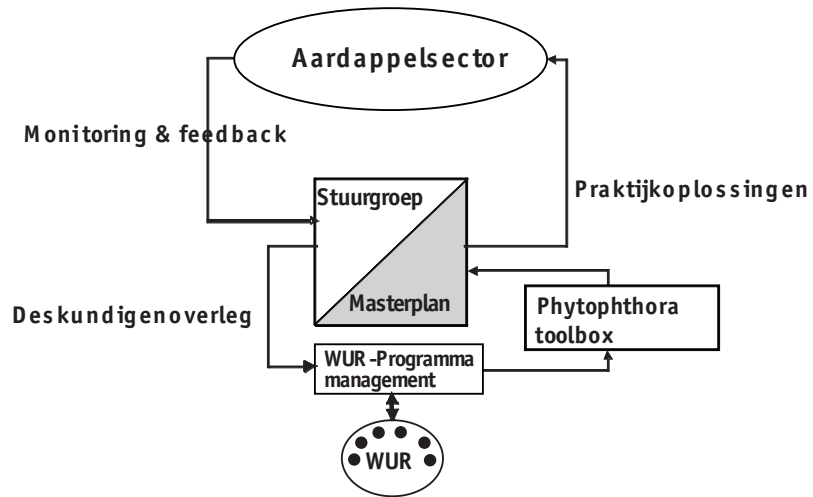
### Tot slot

Hoewel de aardappel al midden zestiende eeuw in Europa geïn-

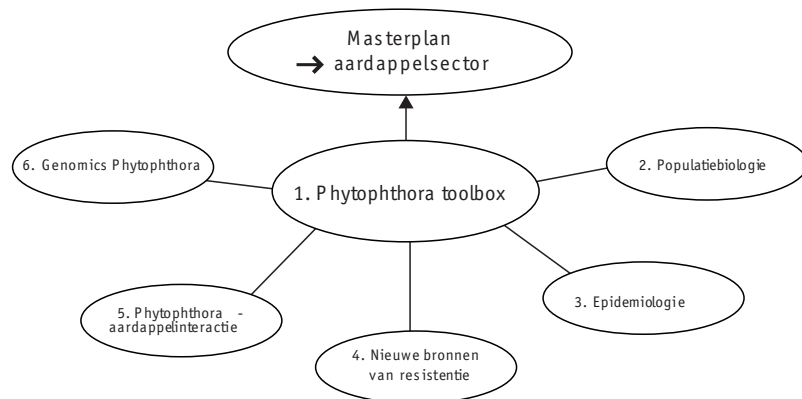


troduceerd is vanuit Zuid Amerika, werd hij pas vanaf eind achttiende eeuw grootschaliger geteeld voor consumptie. Tot midden negentiende eeuw was er geen probleem met Phytophthora, omdat deze ziekte hier toen nog niet was. Toen die dan ook samen met aardappels mee geïmporteerd werd vanuit Mexico, bleken vrijwel alle toenmalige Europese rassen vatbaar, met als resultaat de grote hongersnood in 1848. Enkele rassen bleken echter wat resistent en toen men eind 19<sup>e</sup> eeuw met veredeling begon werd de resistentie nog beter en kon aardappel een belangrijk voedingsgewas worden. Toen vanaf midden twintigste eeuw de chemische bestrijdingsmiddelen kwamen, kon grootschalig geteeld worden met grote opbrengsten en leek het Phytophthora-probleem voorgoed opgelost. Door import van nieuwe populaties van *P. infestans* weten we nu wel beter: veel agressiever, resistenties tegen middelen, doorbreken van aardappelresistenties; kortom eind twintigste eeuw was Phytophthora weer probleem nummer een.

De moraal: Phytophthora is niet te verslaan maar alleen in de hand te houden door een samenspel van resistentieveredeling, inperken van populatieveranderingen en een geavanceerde (chemische) bestrijding!



Figuur 1. Het organisatieschema van het Parapluplan bestaat centraal uit de Stuurgroep met een sterke vertegenwoordiging van het bedrijfsleven. De Stuurgroep stuurt jaarlijks het onderzoek van WUR aan en stimuleert dat er ieder jaar voldoende resultaten in de 'toolbox' belanden. Daarnaast zorgt het Masterplan Phytophthora (= onderdeel van de Stuurgroep) dat jaarlijks de gevulde toolbox wordt overgedragen naar de sectoren en feedback naar het onderzoek verkregen wordt.



Figuur 2. De zes onderzoeksthema's van het Parapluplan. Van alle thema's gaat informatie via de Phytophthora toolbox naar het Masterplan, dat voor verdere kennisoverdracht naar de praktijk zorg draagt. De thema's zijn zo gekozen dat over de gehele periode van tien jaar informatie beschikbaar komt voor de praktijk: op korte termijn vanuit de thema's 1, 2 en 3, op middellange termijn vanuit thema 4, en op lange termijn vanuit de thema's 5 en 6.

ARTIKEL

# Het waarom en hoe van DuRPh: Duurzame Resistentie tegen *Phytophthora* in aardappel door cisgene merkervrije modificatie

Anton J. Haverkort, Piet Boonekamp, Evert Jacobsen, Bert Lotz en Richard Visser

Wageningen UR, Plant Sciences Group; e-mail: anton.haverkort@wur.nl

ARTIKEL

Begin 2005 verzocht de interdepartementale Commissie Biotechnologie Wageningen UR een onderzoekprogramma op te stellen voor een perspectiefvol GMO-project. Dit met het oog op de Nederlandse innovatieagenda en behoud of vergroting van de concurrentiekracht van de Nederlandse economie. Uitgangspunt daarbij was de Integrale Nota Biotechnologie (2000) met als centraal motto het verantwoord en zorgvuldig benutten van kansen ten behoeve van economie en duurzame landbouw. De keuze viel op een 'proof of principle' project van een duurzaam *Phytophthora*-resistente aardappel vanwege de economische aspecten zoals de kosten van beheersing van de ziekte en het veiligstellen van de winstgevendheid van de pootgoedsector. Milieuaspecten zoals reductie van de emissie van chemicaliën en een verminderd energiegebruik voor de toediening telden eveneens mee alsook het vergroten van de wetenschappelijke innovatiekracht. Door het bundelen van resultaten behaald binnen het Parapluplan (Bedrijfsleven en Ministerie van LNV), het center of excellence Centre for biosystems genomics (CBSG) en langjarig onderzoek van de leerstoel Plantenveredeling kon Wageningen-UR een vliegende start maken, was de gedachte.

Het project is in 2006 toegekend, duurt tien jaar en is gefinancierd met FES-gelden: aardgasbaten gestort in het Fonds voor Economische Structuurversterking. Hieronder volgen de economische en milieutechnische redenen waarom het Centraal Planbureau het project goedkeurde en lichten we de inhoud van het programma, luisterend naar de naam DuRPh (Duurzame Resistentie tegen *Phytophthora*) toe.

## **Kosten van de aardappelziekte**

### **Opbrengsten**

In ronde getallen gebaseerd op cijfers van de Nederlandse Aardappelorganisatie (NAO jaarverslag 2006), de FAO (www.faostat), het CBS en KWIN (Kwantitatieve Informatie van PPO-AGV van 2006) kunnen we

berekenen welke economische impact de aardappelziekte (verliezen en bestrijding) heeft en wat de economische voordelen zijn van een aardappel die geen last heeft van de aardappelziekte. Tabel 1 geeft de arealen, hectareopbrengsten en nationale productie weer, evenals de gemiddelde prijs die telers voor hun producten ontvangen.

Nederlandse aardappelen worden geteeld door 2200 pootgoedtelers, zeventuizend consumptietelers en 2500 zetmeeltelers. De rest van de aardappelsector voegt daarnaast waarde toe door 54 export- en veredelingsbedrijven, door de grote verwerkende bedrijven voor de verwerking van 3,2 Mt aardappelen voor de productie van frites, chips en koelverse producten en door de zetmeelproducten van AVEBE. De totale consumentenwaarde van de verse en verwerkte producten en uitgangsmateriaal komt zo op meer dan drie miljard euro per jaar.

### **Beheersing**

De beheersing van *Phytophthora* met fungiciden kent de kosten van de middelen en van de toediening. *Phytophthora*-bestrijdingsmiddelen zijn voornamelijk contactmiddelen (bijvoorbeeld het mangaan- en zinkbevattende mancozeb) of middelen met een lokaal systemische werking in de plant. De kosten per middel variëren van € 11 tot € 68 per kg. In de praktijk wisselen telers middelen af om resistentieontwikkeling te voorkomen. Het gemiddelde aantal bespuitingen varieert van tien (pootgoed) tot zestien (consumptieteelt) per teeltseizoen. De kosten van de

**Tabel 1.** Teelt en opbrengsten van de Nederlandse aardappel (NAO en KWIN, 2006).

Aardappel	Areaal (ha)	Opbrengst (t/ha)	Productie (Mt)	Prijs (€/t)	Waarde (M€)
Consumptie	70 000	50	3,50	100	350
Pootgoed	36 000	38	1,37	200	274
Zetmeel	50 000	43	2,15	50	108
Totaal	156 000	45 (gemiddeld)	7,02		732

middelen en toediening samen komen daarmee gemiddeld op € 700 per hectare waarmee de kosten per 156 000 ha op M€ 109 uitkomen.

Biologische aardappelteelers moeten bij gebrek aan andere beheersmaatregelen op 1400 ha een loofbrander inzetten zodra de ziekte zich voordoet en de HPA-norm overschrijdt. Kosten per ha: € 112 voor 200 liter gas en € 250 voor toediening. Totale kosten nationaal zijn M€ 0.51 per jaar voor loofvernietiging in de biologische teelt.

### Verliezen

Een team van vier aardappel-onderzoekers van PPO-AGV schatte dat opbrengstverlaging (volume en kwaliteit) door knolaantasting, ondanks de reguliere bestrijding, zich 1 keer in de 5 jaar op 10 % van het areaal met gemiddeld 5 % verlies voordoet. Deze 5 % zal zich door de noodzaak van vervroegde afzet en door kwaliteitskorting al snel vertalen in 20 % financieel verlies. Alleen al voor 70 000 ha consumptie-aardappel met een waarde van M€ 350 komt dit uit op M€ 1.4

In percelen met spuitsporen bleek dat de afleverbare opbrengst ca 3 % lager is dan percelen bespoten met het vliegtuig (dat mocht 25 jaar geleden nog). Een derde van de schade (dus 1%) bij consumptie- en zetmeelteelt valt toe te schrijven aan Phytophthorabeheersing. Uit Tabel 1 volgt een waarde van M€ 458 van deze teelten (350 + 108) waarvan 1 % M€ 4.58 is.

De biologische aardappelteelt (gegevens CBS) beslaat 350 ha pootgoed en 1050 ha consumptie met op kleigrond (KWIN) respectievelijk 27 en 29 t/ha opbrengst terwijl gangbare teelten 38 en 50 t/ha halen. In totaal leveren 1400 ha biologische aardappelen 25900 t minder aardappel op dan de gangbare tegenhanger. Als we de helft van dit verlies toeschrijven aan Phytophthora doordat geen chemische beheersing is ingezet en het loof voortijdig is vernietigd, is de schade door Phytophthora in de biologische aardappelteelt 12950 t x € 250 per t = M€ 3.24

De totale schade door het eerder doden van het gewas (M€ 1.4) en schade door spuitsporen (M€ 5.58) en opbrengstderving in de biologische teelt (M€ 3.24) komt daarmee op M€ 10.22 waarmee we de totale schade door Phytophthora in Nederland schatten op 120 miljoen Euro per jaar ofwel meer dan 15 % van wat de telers ontvangen voor hun product. Als we dit doortrekken naar de hele wereld met 19 miljoen hectare en 320 miljoen ton opbrengst zijn de kosten van Phytophthorabeheersing inclusief verliezen mondiaal ongeveer 10 miljard € per jaar.

### Milieu

Energetisch bekeken kost een volledige teeltcyclus van de aardappel op basis van getallen in KWIN circa 25 GJ per hectare. Toediening van 15 kg middel tegen Phytophthora kost aan energie voor het middel 40 MJ per kg dus 600

MJ per hectare. Vijftien keer spuiten kost 15 x 2 liter diesel = 30 L x 55 MJ per liter (inclusief indirecte energie voor machines en dergelijke) = 1650 MJ. Phytophthorabeheersing kost aan energie dus 0,6 + 1.65 GJ = 2.25 GJ per jaar ofwel 9 % van de totale benodigde energie voor de teelt.

Andere milieukosten zijn uit te drukken in de vorm van de milieubelastingpunten berekend door het Centrum voor Landbouw en Milieu (CLM) voor grondwater, waterleven en lucht. De milieubelasting van fungiciden is sterk afhankelijk van het gebruikte middel en treft met name het waterleven, maar is tegelijkertijd beduidend lager dan de milieubelasting van herbiciden en insecticiden. De effecten op de mens zijn ook veel geringer dan die van herbiciden en insecticiden volgens de 'Veiligheidsinformatiebladen' overeenkomstig EG-richtlijnen. De actieve stoffen van fungiciden kunnen schadelijk zijn (geven bijvoorbeeld irritatie) doch weinig toxisch met orale LD<sub>50</sub>'s in het bereik van 2000 tot 5000 mg/kg. Insecticiden bijvoorbeeld zijn veel meer toxisch met LD<sub>50</sub>'s kleiner dan 100 mg/kg.

### Aanpak in DuRPh

Naast de aandacht voor de bovenbeschreven maatschappelijke impact hanteert DuRPh twee principes die van invloed kunnen zijn op maatschappelijke acceptatie van genetische modificatie van de aardappel, namelijk cisgeen en merkervrij:

- Cisgeen: de modificaties doen we uitsluitend met (wilde) aardappel-eigen genen, dus genen uit de wilde soort die ook via klassieke veredelingsstechnieken kruisbaar is met *Solanum*

*tuberosum*. Cisgene veredeling is mogelijk omdat wilde verwanten van *S. tuberosum* majeure genen hebben tegen Phytophthora en dat het resultaat een weliswaar gemodificeerde aardappel is maar slechts aardappelgenen bevat. Dit in tegenstelling tot transgene gewassen die genen uit niet verwante soorten bevatten. Indien regelgeving en publieke reactie dit oppakken zou acceptatie wel eens snel kunnen verlopen.

- Merkervrij: de gemodificeerde aardappel is vrij van merkers zoals antibioticum- of herbicideresistentie.

In dit programma gaat het om het aantonen van een “*Proof of Principle*”; niet om het genereren en exploiteren van commerciële rassen. De uitkomsten publiceren we zodat iedereen de vorderingen kan volgen en het bedrijfsleven er direct van kan profiteren. Het programma bestaat uit vijf projecten: klonering, transformatie, selectie, resistentiemanagement en communicatie.

### **Klonering**

In 2006 zijn in verschillende projecten vier R-genen (resistentiegenen) gekloneerd. In de loop van 2007 komen er nog 3 R-genen bij en in de loop van het programma komen er nog 4-6 bij uit verschillende wilde aardappelsoorten. Met deze 11-13 R-genen maken we cassettes met verschillende combinaties van R-genen die we bij het volgende onderdeel overbrengen naar bestaande rassen.

Om de aanvullende set R-genen te kloneren doorlopen we de volgende stappen:

- het maken van segregerende populaties
- bepaling van het resistentiespectrum
- ontwikkelen en identificeren

van moleculaire merkers

- opknippen van het genoom en bewaren in *E. coli* (BAC-bank)
- identificeren van de basenvolgorde van DNA-stukjes die vermoedelijk coderen voor R-genen
- overdragen van kandidaatgenen naar de natuurlijke plantvector *Agrobacterium tumefaciens*

### **Transformatie**

Hier transformeren we een set aardappelrassen door ze te voorzien van R-gencassettes met verschillende aantallen genen en combinaties van genen. Deze rassen gebruiken we in het onderdeel resistentiemanagement om het effect van R-genstapeling en mengrassen op de epidemiologie van Phytophthora-uitbraken in het veld te toetsen.

- analyseren van rassen die het meest geschikt zijn om te transformeren
- ontwikkeling van mono- en Multi-R-gencassettes met verschillende sets van R-genen
- transformeren ervan met *A. tumefaciens* als vector naar 3 rassen
- regenereren van vijftig primaire transformanten per transformatie (via callus)
- functionele, fenotypische en moleculaire analyse van deze transformanten

### **Selectie**

Het doel van de selectie is vast te stellen of de genen tot expressie komen en getransformeerde planten (types) te selecteren die uiterlijk niet afwijken van het wildtype. Een afwijkende morfologie is in de eerste plaats ongewenst omdat de morfologie (uiterlijke verschijningsvorm) invloed heeft op de resistentie tegen Phytophthora doordat de architectuur kan leiden tot bijvoorbeeld een

langere bladnatperiode en in de tweede plaats is het van belang voor het resistentiemanagement. Als de transformant niet van het wildtype is te onderscheiden biedt het de mogelijkheid om:

- in de loop van de tijd weer andere setjes genen in te brengen om de kans op doorbreken van de resistentie te verminderen
- binnen één veld een mengsel van dit ras te telen waarin verschillende sets R-genen zitten

Het uiteindelijke doel is om “flexibele rassen” te maken die om de zoveel tijd een nieuwe set genen krijgen om zodoende Phytophthora steeds voor te blijven.

### **Resistentiemanagement**

Het doel van dit onderdeel is ervoor te zorgen dat *P. infestans* de resistentie die in bestaande rassen wordt ingebouwd niet meer (snel) doorbreekt zoals dat in het verleden wel is gebeurd. In een mix van veldexperimenten en computersimulatiestudies zoeken we naar de manier waarop de verschillende sets R-genen het meest effectief kunnen worden ingezet in ruimte en tijd. Hierbij worden allerlei variabelen meegewogen zoals de afstanden tussen de aardappelakkers, de grootte ervan, vroegheid van het ras, het weer en de beheersingsstrategie van de ziekte waaronder mengsels van (flexibele) rassen binnen velden en tussen velden. De meest effectieve opties werken we uit om te toetsen in meerjarige veldproeven.

Daarnaast volgen we jaarlijks het virulentiespectrum van *P. infestans* om vast te stellen of zich wijzigingen voordoen waar de resistentiestrategie gevolg aan moet geven.

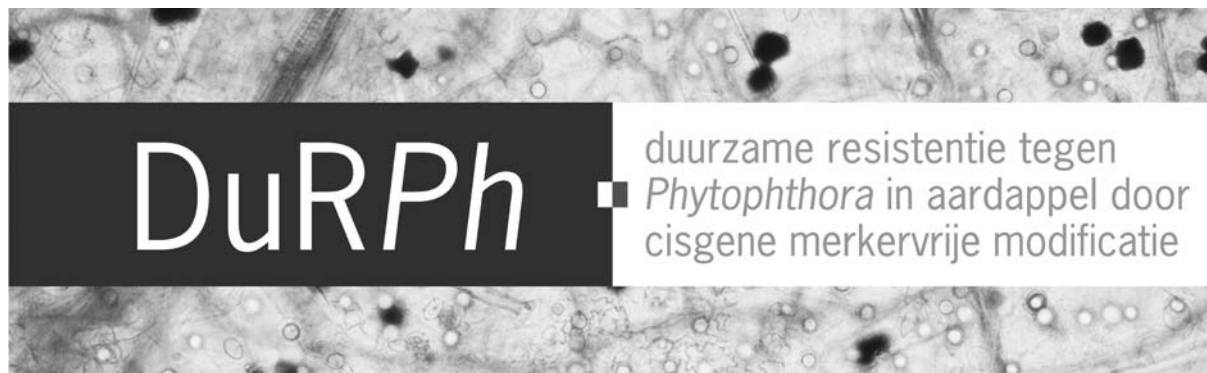


### **Communicatie**

Het doel van dit onderwerp binnen het programma is alle belanghebbenden en belangstellenden van meet af aan te

betrekken door middel van communicatie en interactie. Daarvoor verstrekken we alle informatie over de voor- en nadelen van de ontwikkeling van een

cisgene merkervrije Phytothoraresistente aardappel zodat iedereen zich een mening over deze innovatie kan vormen. Zie ook [www.DuRPh.nl](http://www.DuRPh.nl).



[ARTIKEL

*Vooraankondiging*

## ***KNPV-najaarsvergadering in samenwerking met COGEM***

*Discussiemiddag over GMO's  
november 2007*

*Info: [www.knpv.org](http://www.knpv.org)*

# De Toolbox van het ParapluPlan *Phytophthora*

Huub Schepers<sup>1</sup>, Harro Spits<sup>1</sup>, Roeland Kalkdijk<sup>1</sup>, Bert Evenhuis<sup>1</sup>, Ard Nieuwenhuizen<sup>2</sup>,  
Jan Willem Hofstee<sup>2</sup>, Eldert van Henten<sup>2</sup> en Jan van de Zande<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Praktijkonderzoek Plant en Omgeving, Postbus 430, 8200 AK Lelystad

<sup>2</sup> Leerstoelgroep Agrarische Bedrijfstechnologie, Bornsesteeg 59, 6708 PD Wageningen

<sup>3</sup> Plant Research International, Bornsesteeg 65, 6708 PD Wageningen

**Voor de implementatie van een geïntegreerde geoptimaliseerde jaarrond beheersingsstrategie is nog veel operationele kennis over de aardappelziekte nodig. Duurzame beheersing van *Phytophthora infestans* is pas mogelijk als de complexe onderdelen voldoende op elkaar zijn afgestemd en worden vertaald naar geïntegreerde praktische oplossingen. Binnen dit thema van het ParapluPlan *Phytophthora* worden de resultaten uit de andere thema's vertaald naar praktische oplossingen.**

**In dit artikel wordt een aantal van de projecten uit de Toolbox toegelicht.**

## **Effect van rijsnelheid bij loofbranden op de doding van *Phytophthora*-sporen**

In de biologische teelt van aardappelen zijn er geen mogelijkheden voor de bestrijding van *P. infestans*. Om te voorkomen dat deze percelen aantasting krijgen zodat ze een groot risico zijn voor de omliggende percelen en om het risico op knol-aantasting in het eigen perceel te beperken wordt het loof in haarden of op hele percelen gebrand. De biologische teler wil met hoge rijsnelheid branden om snel te kunnen ingrijpen en om het gewas te sparen. Tweejarig onderzoek wees uit dat de doding van *Phytophthora* beter was naarmate langzamer werd gereden tijdens het branden (Spits, 2005). Bij een rijsnelheid van zes kilometer per uur werd *Phytophthora* in het gewas betrouwbaar minder gedood dan bij een rijsnelheid van drie kilometer per uur. Het gewas leek bij een rijsnelheid van zes kilometer per uur minder “ver-

brand”, maar dit leidde niet tot meer opbrengst in kilo's aardappelen. Voor de bestrijding van *Phytophthora* kan men stellen dat hoe langzamer de rijsnelheid is hoe beter de doding. Echter, er zijn omstandigheden dat men niet te langzaam kan rijden. Praktijkervaringen leren dat bij warm en groeizaam weer branden met een lage rijsnelheid kan leiden tot veel vaatbundelverkleuring waardoor de partij onverkoopbaar is. Bij zulke omstandigheden is het beter om te branden met een hoge rijsnelheid en vervolgens enkele dagen later met een lagere rijsnelheid te branden.

## **Automatisch verwijderen aardappelopslagplanten, voorkomen verspreiding *Phytophthora infestans***

Aardappelopslag is het gevolg van slechte rooiomstandigheden in combinatie met een zachte winter, of het kiemen en uitgroeien van zaden uit de

besjes van de aardappelplant. Er kunnen tot tachtigduizend aardappelopslagplanten per hectare groeien. Deze zijn moeilijk te verwijderen. De huidige praktijk bestaat uit een geïntegreerde aanpak en herhaalde acties in het veld. Er zijn geen selectieve bestrijdingsmiddelen beschikbaar die naast het loof ook de knol vernietigen (Boydston, 2001). Dit betekent dat akkerbouwers aangewezen zijn op het met de hand verwijderen van de planten, een belasting tot dertig uur per hectare (Paauw & Molendijk, 2000). Het doel van dit project is het ontwikkelen van automatische herkenning en precisietoediening van glyfosaat op aardappelopslagplanten. Aandachtspunt hierbij is dat de machine betaalbaar wordt en een economisch beter alternatief biedt dan met de hand verwijderen of aanstippen van de planten met glyfosaat. Door automatisch aardappelopslag te verwijderen worden potentiële haarden van *P. infestans* weggehaald en hierdoor wordt de infectiedruk lager.

Voor de herkenning wordt van *real-time* beeldverwerking gebruik gemaakt. We gebruiken hiervoor kenmerken als kleur, textuur, vorm en regelmaat van planten. Vervolgens wordt elke vierkante centimeter groene vegetatie ingedeeld in gewenst gewas of aardappelopslag

ARTIKEL

**Tabel 1.** De strategieën met bijbehorende milieubelasting in de proef van 2006 in Lelystad.

Strategie	Ras	loofgroeifase		knolvullingsfase			
A	Bintje	Sputen met Shirlan (0,4 l/ha)					
B	Agria	Sputen met Shirlan (0,3 l/ha tot bloei en vervolgens 0,4 l/ha)					
C	Innovator	Sputen met Shirlan (0,2 l/ha tot bloei en vervolgens 0,3 l/ha)					
D	Agria	Curzate M		Shirlan			
E	Agria	Valbon		Sereno gevolgd door Ranman 3x			

Strategie	Ras	Aantal bespuitingen	Dosering	Aantal spuitpunten <sup>a</sup>	kg/ha actieve stof	BRI-lucht <sup>b</sup> Streefwaarde: 0,7	MBP water <sup>c</sup> Streefwaarde: 0
A	Bintje	14	14*1	14	2,8	0,89	100
B	Agria	14	4*0.75 / 10*1	13	2,6	0,84	100
C	Innovator	14	4*0.5 / 10*0.75	9.5	1,9	0,62	100
D	Agria	16	16*1	16	9	0,78	62
E	Agria	14	14*1	14	9,3	0,25	71

<sup>a</sup> Het aantal volle doseringsbespuitingen; bijv. 0.4 l/ha Shirlan is 1 punt en 0,3 l/ha Shirlan is 0,75 punt.

<sup>b</sup> BlootstellingsRisicoIndex

<sup>c</sup> MilieuBelastingsPunten (% bespuitingen met meer dan 10 MBP's).

(Nieuwenhuizen *et al.*, 2005). Voor het verwijderen van de aardappelopslag wordt precies glyfosaat gedoseerd. Dit gebeurt niet met een reguliere spuitdop maar met een druppelvormend element. Hierdoor wordt drift naar de gewasplanten voorkomen en kunnen gericht druppels worden aangebracht op aardappelopslagplanten, juist ook als deze in de gewasrij van bijvoorbeeld suikerbieten staan. Omdat niet meer met reguliere spuitniveaus wordt gewerkt onderzoeken we ook dosis-effectrelaties tussen het druppelsgewijs aanbrengen van glyfosaat en aardappel. Aan het einde van het project in 2009 komen de technieken uit dit project die aardappelopslag in de rij bij de suikerbietenteelt bestrijden beschikbaar. Vanuit de akkerbouwers is hieraan de behoefte het grootst.

### Het samenstellen van spuitstrategieën ter beheersing van *Phytophthora*-aantasting

Sinds 2003 voert PPO-AGV in opdracht van LNV (in het

kader van het ParapluPlan *Phytophthora*) en het Masterplan *Phytophthora* onderzoek uit naar strategieën waarmee *Phytophthora*-aantasting goed beheerst kan worden (Kalkdijk *et al.*, in druk). Bij het samenstellen van die strategieën wordt uiteraard nadrukkelijk rekening gehouden met het bestrijdingseffect maar ook de risicobeleving van de teler, de milieubelasting en de kostprijs.

Vanaf 2003 tot en met 2006 zijn proeven uitgevoerd op verschillende locaties in het land, waardoor telers de gelegenheid werd geboden de diverse strategieën onder lokale omstandigheden te bekijken. De verschillende locaties zijn gekozen op basis van teeltdoel, ziektedruk, afzetmarkten en grondsoort.

In de proefopzet zijn per jaar enkele kleine aanpassingen uitgevoerd op basis van signalen vanuit de praktijk. In 2003, 2004 en 2005 is op een vijftal locaties vooral rekening gehouden met milieubelasting en zijn strategieën met verschillende milieubelastingen vergeleken. Vanaf 2004 werd in de strategie

ook rekening gehouden met *Alternaria*. 2003 was een zeer droog en warm jaar waarin heel weinig *Phytophthora* is waargenomen, waardoor alle strategieën effectief waren. In 2004 en 2005 waren de omstandigheden juist gunstig voor de ontwikkeling van *Phytophthora*. 2004 liet zien dat de strategie met de minste milieubelasting net zo effectief was als de strategie met meer milieubelasting. Echter de minst milieubelastende strategie was wel iets duurder dan de strategie met de goedkopere producten met iets meer milieubelasting.

Uit onderzoek is naar voren gekomen dat rassen met een hoger resistentieniveau voor *Phytophthora* met een lagere dosering Shirlan gespoten kunnen worden. In 2006 is daarom rekening gehouden met rasresistentie in relatie tot de fungicidendosering en daarmee de milieubelasting (Tabel 1). 2006 was een wisselend jaar met een droge warme julimaand en een natte augustusmaand. Ondanks een explosieve ziektedruk in augustus bleef in de proeven de aantasting beperkt tot enkele

**Tabel 2.** Overzicht van belangrijkste werkzame stoffen en producten tegen *Phytophthora infestans* en *Alternaria* in aardappelen 2007 (bron: PPO-AGV, Lelystad).

Merksnaam	preven- tieve werking	cura- tieve werking	stopt sporen- vorming	nieuwe groei		knol- bescher- ming	Alter- naria (c)	Aan- droog- tijd (in uren)	regen- vast- heid
			preven- tief	cura- tief					
<b>Contactfungiciden</b>									
Shirlan (0,4 l/ha)	+++	-	-	(+)	-	++(+)	(+)	1-2	++(+)
Ranman (0,2 l/ha)	+++	-	-	++	-	+++	-	0.5-1	+++
Daconil 500 vlb (3,5 l/ha)	++	-	-	(+)	-	-	+(+)	1-2	++(+)
maneb/mancozeb (2,0/2,25 kg/ha)	++	-	-	+	-	-	++ (b)	2-6	+(+)
Unikat Pro (1,8 kg/ha)	+++	-	-	?	-	++	++(+)	2-6	++(+)
<b>Contact + lokaal-systemisch</b>									
Aviso DF (3,0 kg/ha)	++(+)	++	+	+	++	-	++	2-6	++
Tanos (0,6 kg/ha)	++	++	+	+	++	nvt	++	1-2	++(+)
Curzate MWG (2,5 kg/ha)	++(+)	++	+	+	++	-	++	2-6	++
Acrobat DF (2,0 kg/ha)	++(+)	+	++	+	+	++	++	2-6	++(+)
Sereno (1,5 kg/ha)	++(+)	-	+(+)	++	-	++	++ (a)	1-5	++
Valbon (2,0 kg/ha)	+++	+(+)	+	+(+)	+(+)	+(+)	++	1-2	++(+)
<b>Contact + systemisch</b>									
Tattoo C (2,7 l/ha)	++(+)	++	++	+(+)	+(+)	++	+(+)	1-2	+++
Fubol Gold (2,5 kg/ha)	+++	++(+)	++(+)	++	++(+)	nvt	++	2-6	+++
<b>Lokaal-systemisch + systemisch</b>									
Infinito (1,6 l/ha)	+++	++	++(+)	++	++	+++	-	1-2	++(+)
<b>Specifiek tegen Alternaria</b>									
Amistar (0,25 l/ha)	-	-	-	-	-	-	+++	1-2	+++
Signum (0,2 kg/ha)	-	-	-	-	-	-	+++	1-2	+++

+++ zeer goede werking; ++ goede werking; + redelijke werking; - geen werking; (a) er zijn ervaringen die wijzen op ++(+); (b) als minder dan 1500 g mancozeb per ha wordt gebruikt, is werking minder dan ++; (c) er kunnen twee soorten *Alternaria* voorkomen. Omdat middelen verschillen in werking tegen deze soorten, hangt de werking in het veld af van welke *Alternaria*-soorten er aanwezig zijn (zie tekst strategie).

aangetaste blaadjes. Er waren geen duidelijke verschillen in effectiviteit tussen de strategieën. Wel is duidelijk geworden dat zeker als bladaantasting is waargenomen en er regelmatig regen valt, gespoten moet worden met een knolbeschermd fungicide; vooral op de zwaardere gronden in rassen zonder of met matige knolresistentie.

In de loop der jaren is gebleken dat het moment van spuiten belangrijker is dan de fungicidenkeuze wanneer de ziektedruk niet vanuit het eigen

perceel komt. Wanneer de ziektedruk uit het eigen perceel komt (stengelaantasting vanuit pootgoed) is de inzet van Fubol Gold of een cymoxanil-houdend fungicide aan te raden. Op sommige gronden kunnen mangaanhoudende fungiciden een positieve invloed hebben op de opbrengst. Dit zou mee kunnen wegen in keuze van het fungicide. De middelenkeuze is ook van belang wanneer *Phytophthora* in het loof is waargenomen en er neerslag verwacht wordt. In dat geval is aan te raden een knolbescher-

mend fungicide in te zetten in de tweede seizoenshelft. De mate van milieubelasting is in de onderzoeksperiode afgenomen door aanpassingen in de spuitstrategieën. Verder blijkt dat de kosten van het fungicide de financiële opbrengst licht negatief beïnvloedt. Verlaging van de dosering op basis van het resistentieniveau van het ras leidt tot kostenbesparing.

In 2007 worden de veldproeven voortgezet op 7 locaties. Nog meer dan in andere jaren zal *Alternaria* een rol spelen bij



de beoordelingen en de middelkeuze. Per locatie worden rassen gekozen die in resistentie voor Phytophthora verschillen. Hierop zal dan net als in 2006 worden ingespeeld met aanpassing van de dosering Shirlan, zowel in de loof-groei- als in de knolgroeifase. Alle bovenstaande informatie is ook te vinden op [www.kennisakker.nl](http://www.kennisakker.nl).

Voor telers en adviseurs zijn op [www.kennisakker.nl](http://www.kennisakker.nl) de ontwikkelingen in de strategieënproeven van 2007 live te volgen. Tevens zal wekelijks in Nieuwe Oogst de Phytophthorabarometer worden gepresenteerd. Hierin is voor een aantal strategieën de milieubelasting in relatie tot de effectiviteit weergegeven.

### **Opstellen van een geactualiseerde jaarrond-beheersingsstrategie**

Het doel van dit project is het vertalen van resultaten uit al het onderzoek naar voor de praktijk toepasbare geïntegreerde kennis. Dit zal moeten leiden tot een geoptimaliseerde jaarrond-beheersingsstrategie

die *P. infestans* excellent bestrijdt met minimale door fungiciden veroorzaakte milieubelasting. Elk jaar worden alle resultaten die verkregen zijn uit *P. infestans*-onderzoek beoordeeld op hun bijdrage aan de bestrijdingsstrategie. Met behulp van de nieuwe resultaten wordt de bestaande strategie aangepast en besproken met de klankbordgroep van de Toolbox waarin vertegenwoordigers zitting hebben van coöperaties, particuliere handel, voorlichting en het Masterplan Phytophthora. Voor de strategie 2007 zijn de adviezen betreffende de mogelijkheden tot aanpassen van de Shirlan-dosering in resistente rassen aangescherpt en preciezer gemaakt (mede op basis van risico's voor knolaantasting). Ook het belang van een effectieve bestrijding van vroege aantastingen hebben extra aandacht gekregen. Verder wordt in de strategie 2007 aandacht besteed aan de belangrijkste infectiebronnen, wat er gedaan moet worden bij aantasting en op welke wijze middelen verstandig kunnen worden ingezet. Het overzicht van de belangrijkste middelen en hun werking, kan hierbij dienen als hulpmiddel (Tabel 2). In

april 2007 is de nieuwsbrief van het Masterplan Phytophthora, waarin de bestrijdingsstrategie 2007 is opgenomen, in een oplage van 11.000 stuks verstuurd naar telers en adviseurs (Kimmann *et al.*, 2007).

### **Literatuur**

- Boydston, R. A. 2001. Volunteer potato (*Solanum tuberosum*) control with herbicides and cultivation in field corn (*Zea mays*). *Weed Technology* 15(3), 461-466.
- Kalkdijk, J.R., Schepers, H.T.A.M. & Evenhuis, A. Late blight control strategies 2006. Proceedings of the 10th Workshop of an European network of late blight. Bologna, Italy 2-5 May 2007 (in druk).
- Kimmann, B., Wijnen, J. & Schepers, H., 2007. Jaarrond bestrijdingsstrategie Phytophthora 2007. Nieuwsbrief van het Masterplan Phytophthora, april 2007, 6 pp.
- Nieuwenhuizen, A.T., van den Oever, J.H.W., Tang, L., Hofstee, J.W. & Müller, J., 2005. Vision based detection of volunteer potatoes as weeds in sugar beet and cereal fields. In: Precision Agriculture '05, Proceedings of the 5<sup>th</sup> European Conference on Precision Agriculture, Stafford, J.V. (ed.), Wageningen Academic Publishers, The Netherlands, pp 175-182.
- Paauw, J.G.M. & Molendijk, L.P.G., 2000. Aardappelopslag in wintertarwe vermeerdert aardappelcystenaaltjes. (Volunteer potatoes in winter wheat multiply potato cyst nematodes), PPO-DLO, Lelystad, The Netherlands, pp. 4.
- Spits, H.G., 2005. Effect van rijnsnelheid bij loofbranden. *Ekoland* 2005 (6): 7 (en [www.ekoland.nl](http://www.ekoland.nl), 5 juli 2005).

ARTIKEL

# Blijft biologische aardappelteelt in Nederland mogelijk?

Marjolein Tiemens-Hulscher<sup>1</sup>, Edith Lammerts van Bueren<sup>1</sup>, Monique Hospers-Brands<sup>1</sup>, Bart Timmermans<sup>1</sup>, Peter van der Putten<sup>2</sup> en Paul Struik<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Louis Bolk Instituut, Hoofdstraat 24, 3972 LA Driebergen; e-mail: m.tiemens@louisbolk.nl

<sup>2</sup> Crop and Weed Ecology, Plant Sciences Group, Wageningen University, Haarweg 333, 6709 RZ, Wageningen

**De biologische aardappelteler heeft onder Nederlandse teeltoomstandigheden te maken met twee opbrengstlimiterende factoren, namelijk een beperkende nutriëntenvoorziening en de aantasting door *Phytophthora infestans*. Het groeiseizoen voor de biologische aardappelteelt is relatief kort. In het vroege voorjaar is er wegens de nog trage mineralisatie weinig stikstof beschikbaar, zodat het gewas traag op gang komt, terwijl het gewas meestal voortijdig moet worden gebrand wegens *Phytophthora*-infectie. Uit praktijk en onderzoek is gebleken dat er met teeltmaatregelen niet genoeg gedaan kan worden om de ziekte te beheersen. Wel kan met het voorkiemen van pootgoed een ontsnappingsstrategie gevolgd worden door te zorgen voor een acceptabele opbrengst voordat het gewas wordt geïnfecteerd. Om deze strategie succesvol te maken is het toch noodzakelijk dat er resistente rassen beschikbaar komen die aangepast zijn aan de biologische teeltoomstandigheden en dus ook kunnen omgaan met een relatief laag stikstofniveau.**

## **Biologische landbouw**

Het onderzoek staat voor de uitdaging om de biologische aardappelteelt in Nederland te behouden. In de biologische landbouw wordt geen gebruik gemaakt van snelwerkende kunstmest en bestrijdingsmiddelen. In een biologische vruchtwisseling is de hoeveelheid beschikbare stikstof relatief beperkt. Stikstof komt voor een deel beschikbaar uit de organische stof in de bodem en voor een ander deel uit de toegediende organische bemesting. De nutriëntenvoorziening wordt gestuurd door een weloverwogen rotatie inclusief groenbemesters, vaste dierlijke mest, drijfmest en compost (Finckh *et al.*, 2006). Met uitzondering van drijfmest zijn dit mestsoorten waarbij de mineralisatie langzaam is en sterk

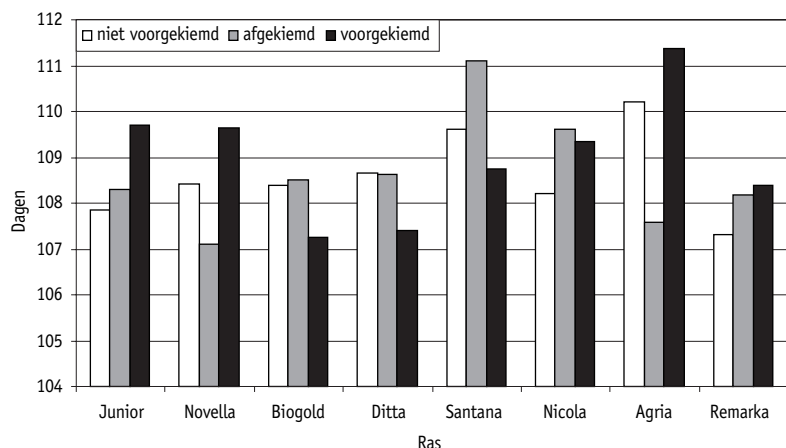
afhankelijk van de temperatuur en vochtigheid van de bodem (Delden, 2001). In het voorjaar, wanneer de bodemtemperatuur nog laag is, komen de nutriënten hierdoor relatief laat beschikbaar voor het gewas. De nutriëntenvoorziening en het niet toepassen van bestrijdingsmiddelen scheppen het kader waarbinnen de biologische aardappelteelt opereert.

## **Biologische aardappelteelt**

In 2006 was het areaal biologische aardappelen ruim 1280 hectare, met 970 hectare consumptieteelt, 298 hectare pootgoed en dertien hectare zetmeelaardappelen. De omzet van de biologische aardappelteelt bedroeg in 2006 19,2 miljoen euro. Per jaar gaat ongeveer vijfduizend ton als

tafel aardappel de grens over naar Duitsland, Griekenland, het Verenigd Koninkrijk en Zuid-Europa. Voor de vroege biologische aardappelen importeert Nederland 2500 ton uit Italië, Egypte, Israël en Duitsland (Bio-Monitor jaarrapport 2006). Het is echter de vraag of de biologische aardappelteelt in Nederland kan blijven. Voor de biologische aardappelteler zijn de krappe nutriëntenvoorziening en de aantasting van het gewas door *P. infestans* twee opbrengstlimiterende factoren. Möller (2000) berekende dat onder biologische omstandigheden per tien ton opbrengst 27-35 kilogram beschikbare stikstof nodig is. Voor een opbrengst van 40 ton/ha zou dan 108 tot 140 kilogram N per hectare nodig zijn. In de praktijk ligt de hoeveelheid beschikbare stikstof vaak onder de honderd kilogram per hectare (Tamm *et al.*, 2004). In de toekomst kan dit nog lager worden, omdat dan alle mest die in de biologische landbouw wordt aangewend van biologische oorsprong moet zijn, terwijl biologische mest schaars is.

De tweede opbrengstlimiterende factor is *Phytophthora*. Het groeiseizoen wordt door de aantasting van het loof in de meeste jaren aanzienlijk bekort, doordat het loof bij een aantasting van ruwweg 7% vernietigd moet worden (HPA verordening, 2003). Om verspreiding te



Figuur 1. Invloed van de fysiologische leeftijd van knol en spruit op het aantal groeidagen van poten tot 7% aantasting van het blad, het moment waarop het gewas gebrand werd, bij 8 rassen (geordend van vroeg naar laat) in Zeewolde, 2006 (niet voorgekiemd: jonge knol en jonge spruit, voorgekiemd: oude knol en oude spruit, afgekiemd: oude knol en jonge spruit). ( $P(\text{ras})=0,08$ ,  $P(\text{leeftijd})=0,714$ ,  $P(\text{ras}*\text{leeftijd})=0,106$ ,  $\text{lsd}(5\%) = 2,62$ ).

voorkomen is dit een zinvolle regel. Deze maatregel geeft echter in de meeste jaren een aanzienlijke opbrengstreductie. Het is namelijk gebleken dat er bij een loofaantasting tot zestig procent geen opbrengstreductie plaats vindt (Möller, 2000). Ondanks de aantasting zou een aantal extra groeidagen de opbrengst aanzienlijk kunnen verhogen, mits de rassen een goede knolresistentie bezitten.

### Oplossingsrichtingen

Om binnen deze beperkende kaders een rendabele biologische aardappelteelt (dertig tot veertig ton per hectare) te realiseren wordt er in verschillende oplossingsrichtingen gezocht. Grofweg zijn deze onder te verdelen in de ontwikkeling van resistente rassen, het ontwikkelen van teeltmaatregelen en de behandeling van het pootgoed. Een algemeen aanvaarde oplossingsrichting is vroegheid. Bij het ontbreken van goede, resistente, vroege rassen is het uitgangspunt dat een rendabele opbrengst gerealiseerd moet zijn voordat het gewas aange-

tast wordt door Phytophthora (Tiemens-Hulscher *et al.*, 2003).

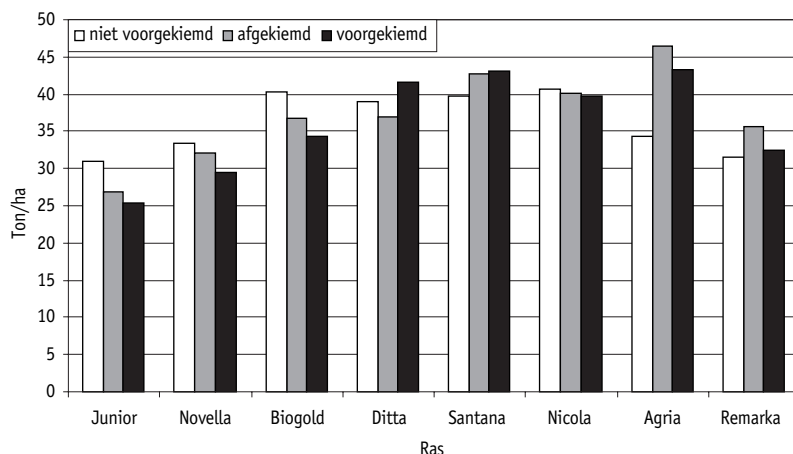
### Rassen

Het resistentieniveau van de rassen die momenteel in de biologische landbouw gebruikt worden is niet hoog genoeg om deze optimaal biologisch te kunnen telen. Uit een rasenproef met 281 genotypen (bestaande rassen en geniteurs) bleek dat er een enorme variatie in resistentie bestaat. Er bleek echter een sterke correlatie te zijn tussen resistentie en afrijpingstype. De rassen met de hoogste resistentiecijfers zijn over het algemeen laat (Tiemens-Hulscher *et al.*, 2003). Momenteel ontbreekt het dus nog aan rassen die een goede, duurzame resistentie combineren met vroegheid. Deze combinatie lijkt lastig te verkrijgen omdat een groot deel van de resistentie genetisch gekoppeld is aan een late afrijping (Visker *et al.*, 2005).

Van de bovengenoemde 281 genotypen zijn er 36 uitgebreider getoetst in rasenproeven op

verschillende locaties. In deze proeven werd het loof volgens de HPA norm gedood (per veldje) en werden opbrengst en kwaliteit van de knollen bepaald. Van de 36 uitgebreider getoetste rassen gaven 28 rassen, ondanks aantasting door Phytophthora, een opbrengst van minimaal dertig ton per hectare. Slechts twee van deze 28 rassen haalden ook de vereiste drempelwaarden voor onderwatergewicht, kook- en bakkwaliteit (Tiemens-Hulscher *et al.*, 2003).

Een nieuwe lichting aardappelrassen die nu op de markt komt, met nieuwe resistentiebronnen, zoals bijvoorbeeld Biogold, Novella en Toluca, zullen zich in de biologische landbouw nog moeten bewijzen. Een biologisch aardappelras moet niet alleen resistent zijn tegen Phytophthora in het loof en de knol, maar ook vroeg, stikstofefficiënt en vermarktaar. Voor de vroegheid zijn een snelle beginontwikkeling, een vroege knolzetting en een snelle knolgroei van belang. De loofontwikkeling na opkomst wordt sterk beïnvloed door de stikstofbeschikbaarheid in de eerste weken na opkomst (Vos, 1995). In de biologische landbouw is op dat moment de stikstofbeschikbaarheid vaak aan de lage kant. Rassen die met een lage stikstofgift om kunnen gaan hebben in de biologische landbouw daarom een streepje voor. Van Delden (2001) vond rasverschillen in de mate van gevoeligheid voor stikstoftekort. Het selectiemilieu (lage *input* of hoge *input*) blijkt ook invloed te hebben op de uiteindelijke stikstofefficiëntie van rassen. Onder *low input*-omstandigheden onderscheiden stikstofefficiënte rassen zich van rassen die een hogere input nodig hebben door een hogere productie. In een *high input*-



Figuur 2. Invloed van de fysiologische leeftijd van knol en spruit op de bruto opbrengst (ton/ha) van 8 rassen (geordend van vroeg naar laat) in Zeewolde, 2006 (niet voorgekiemd: jonge knol en jonge spruit, voorgekiemd: oude knol en oude spruit, afgekiemd: oude knol en jonge spruit). ( $P(\text{ras}) < 0,001$ ,  $P(\text{leeftijd}) = 0,32$ ,  $P(\text{ras} * \text{leeftijd}) < 0,001$ ), lsd (5%) = 4,42).

selectiemilieu zijn deze rassen niet herkenbaar. Het veredelen onder biologische omstandigheden zou daarom wel eens de aangewezen weg kunnen zijn om aardappelryassen te ontwikkelen die daadwerkelijk aangepast zijn aan biologische (lage input-) teeltomstandigheden.

### Teeltmaatregelen

Omdat goede resistente rassen voor de biologische landbouw nog ontbreken is er onderzoek gedaan in hoeverre teeltmaatregelen kunnen bijdragen aan het uitstellen van de infectie en het vertragen van de epidemie. Het uitstellen van de epidemie heeft vooral te maken met hygiëne. Het afdekken van afvalhopen, het vernietigen van opslag en het gebruiken van schoon gecertificeerd pootgoed zijn hier voorbeelden van.

Voor de infectie van een aardappelgewas met *P. infestans* is een zekere periode van hoge luchtvochtigheid en vrij water op het blad nodig. Ook voor de vorming van sporen is een vochtig microklimaat nodig. Het microklimaat in het ge-

was is te beïnvloeden door de plantdichtheid. Een opener gewas droogt sneller, waardoor de omstandigheden voor *P. infestans* ongunstiger zijn om zich te kunnen vestigen. Dit bleek echter alleen bij zeer lage plantaantallen per ha het geval (Tiemens-Hulscher *et al.*, 2003; Hospers-Brands *et al.*, ingestuurd). Bij deze plantaantallen was de opbrengst echter dermate laag, dat dit voor de praktijk geen haalbare kaart was.

Biologische boeren hebben de praktijkervaring dat een goed groeiend gewas weerbaarder is tegen *Phytophthora* dan een gewas waarin de groei stagneert (Tamm *et al.*, 2004). Voldoende stikstof op het goede moment is van belang voor een evenwichtige groei van het gewas. In onze proeven bleek de stikstofgift in de vorm van drijfmest (Tiemens-Hulscher *et al.*, 2003) of de verhouding tussen kali en stikstof in de mest (Bruns *et al.*, 2003) geen invloed te hebben op het percentage aantasting. Een hogere mestgift gaf wel een hogere opbrengst.

Teeltmaatregelen die de gewas-

structuur en het microklimaat beïnvloeden, lijken niet geschikt om de *Phytophthora*-infectie uit te stellen of de ziekteontwikkeling te vertragen. Alle hierboven genoemde proeven werden uitgevoerd met in achtname van de HPA verordening om het loof te doden bij 7% aantasting. Het is nauwelijks te verwachten dat met teeltmaatregelen in het veld in dit begintraject van de epidemie verschillen kunnen worden gecreëerd.

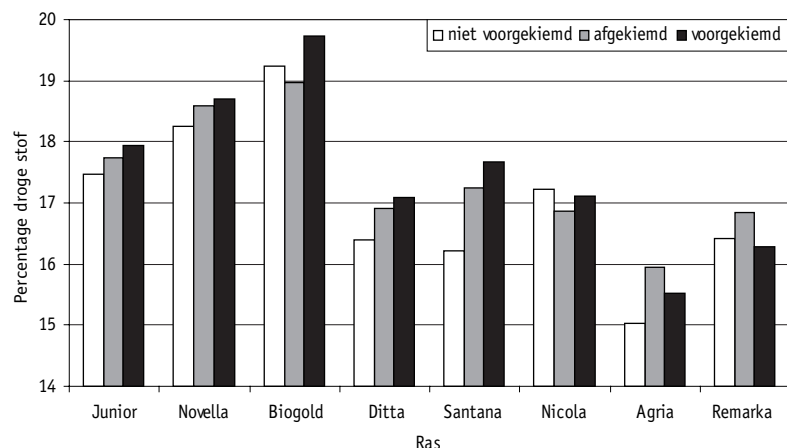
Tot op zekere hoogte kan de ziektedruk gereduceerd worden door het gewas in smalle velden (loodrecht op de windrichting) te telen afgewisseld met resistente rassen of gewassen die niet gevoelig zijn voor *Phytophthora* (Finckh *et al.*, 2003; 2006). In het onderzoek waarin deze resultaten werden verkregen, bleven de planten op het veld tot het loof voor 60% was aangetast. Het is niet duidelijk in hoeverre dit teeltsysteem ook voordeel biedt voor het aantastingstraject van 0 tot 7%.

Teeltmaatregelen die de vroegheid van het gewas beïnvloeden, hebben meer effect. Er is dan echter sprake van een ontsnappingstrategie door te zorgen voor een rendabele opbrengst voordat het gewas wordt aangetast. Vroeg poten en voorkiemen verhogen de kans op een goede opbrengst, met name in jaren met een vroege infectie (Tiemens-Hulscher *et al.*, 2003, Hospers-Brands *et al.*, ingestuurd).

### Fysiologische leeftijd pootgoed

In het een samenwerkingsproject van Wageningen Universiteit en het Louis Bolk Instituut (financieel gesteund door verschillende programma's





Figuur 3. Invloed van de fysiologische leeftijd van knol en spruit op het percentage droge stof van 8 rassen (geordend van vroeg naar laat) in Zeewolde, 2006 (niet voorgekiemd: jonge knol en jonge spruit, voorgekiemd: oude knol en oude spruit, afgekiemd: oude knol en jonge spruit). ( $P(\text{ras}) < 0,001$ ,  $P(\text{leeftijd}) = 0,05$ ,  $P(\text{ras} * \text{leeftijd}) = 0,75$ ,  $\text{lsd}(5\%) = 1,12$ ).

van het ministerie van LNV) is onderzoek gedaan naar de fysiologische leeftijd van het pootgoed in relatie tot opbrengstvorming en weerbaarheid tegen Phytophthora. Fysiologisch ouder pootgoed kent een snellere beginontwikkeling van het gewas en een eerdere knolzetting dan jong pootgoed (Struik & Wiersema, 1999), hetgeen een vroege opbrengst tot gevolg heeft. Binnen zekere grenzen heeft een gewas van fysiologisch ouder pootgoed over het algemeen meer vertakkingen en daarmee meer blad bovenin de plant (Struik, 2007). Bladpositie blijkt van invloed te zijn op de gevoeligheid voor Phytophthora. In het algemeen zijn de bovenste bladeren resistenter dan de onderste bladeren (Carnegie & Colhoun, 1980, 1982) van dezelfde plant van dezelfde leeftijd. Bladpositie speelt een grotere rol dan de leeftijd van de plant of van het blad (Visker *et al.*, 2003). In ons onderzoek zijn we dan ook van de werkhypothese uitgegaan dat een gewas van fysiologisch ouder pootgoed een vroege opbrengst kan combineren met een hogere weerbaarheid tegen Phytophthora. De fysiologische

leeftijd van het pootgoed is onder andere te beïnvloeden door het pootgoed wel of niet voor te kiemen en de mate waarin het pootgoed voorgekiemd wordt. Omdat veel biologische telers liever niet met voorgekiemd pootgoed werken omdat dit kwetsbaarder is, is in 2006 ook afgekiemd pootgoed als variant meegenomen. Niet voorgekiemd pootgoed heeft een jonge knol en geeft een jonge spruit, voorgekiemd pootgoed heeft een oude knol en geeft een oude spruit, afgekiemd pootgoed heeft een oude knol, maar geeft een jonge spruit. Gemiddeld over de rassen had de fysiologische leeftijd van het pootgoed geen invloed op de vatbaarheid voor Phytophthora (Figuur 1). Fysiologisch ouder pootgoed (voorgekiemd en afgekiemd) gaf bij de latere rassen een iets hogere opbrengst dan jong pootgoed (Figuur 2). Bij de vroege rassen was het omgekeerde het geval en gaf het jonge pootgoed een hogere opbrengst. In 2006 kwam de Phytophthora pas laat in het gewas, waardoor het gewas van het jonge pootgoed tijd genoeg had om het, in het begin zich sneller ontwikkelende gewas van ouder pootgoed,

in te halen. Fysiologisch ouder pootgoed produceerde knollen met een iets hoger drogestofgehalte (Figuur 3).

In 2004 raakte het gewas in een vroeger stadium geïnfecteerd. Het gewas van fysiologisch ouder pootgoed bleek iets vatbaarder voor Phytophthora, maar gaf bij een vroege oogst wel meer opbrengst (Tiemens-Hulscher *et al.*, ingestuurd). Met name in jaren waarin de infectie vroeg optreedt is het voordeel van opbrengstvervroeging van goed voorgekiemd pootgoed groter dan het nadeel van het iets gevoeliger zijn voor Phytophthora wat zich in de praktijk uit in één of twee dagen eerder branden van het gewas ten opzichte van niet voorgekiemd pootgoed.

### Conclusie

Met het huidige rassensortiment is het moeilijk om in Phytophthora-jaren een goede opbrengst te halen van een goede kwaliteit. De beste strategie lijkt het voorkiemen (en eventueel weer afkiemen door omstorten) van het pootgoed om zo vroeg mogelijk een acceptabele opbrengst te verkrijgen. Dit is echter geen optimale situatie. Om de biologische aardappelteelt in Nederland te kunnen behouden is het noodzakelijk dat er biologische aardappelryassen op de markt komen die een goede, duurzame resistentie tegen Phytophthora combineren met vroegeheid en stikstofefficiëntie. Een biologisch aardappelryas moet in potentie in 110 dagen 40 ton/ha kunnen produceren van een goede kwaliteit. Veredelen onder biologische teeltomstandigheden lijkt hiertoe de aangewezen weg.

## Literatuur

- Bio-Monitor jaarrapport 2006 / Biologica, [www.biologica.nl/bio-monitor/](http://www.biologica.nl/bio-monitor/)
- Bruns, C., Finckh, M.R., Dlugowski, S., Leifert, C. & Hospers, M., 2003. Zur Interaktion von Bodenfruchtbarkeitsmanagement und sortenspezifischen Merkmalen auf den Befall mit *Phytophthora infestans* bei Kartoffeln. In: Freyer, B., (Ed). Kologischer Landbau der Zukunft, Wissenschaftstagung zum kologischen Landbau, p145-148.
- Carnegie, S.F & Colhoun, J., 1980. Differential leaf susceptibility to *Phytophthora infestans* on potato plants of cv. King Edward. *Phytopathologisches Zeitschrift* 98, 108-117.
- Carnegie, S.F & Colhoun, J., 1982. Susceptibility of potato leaves to *Phytophthora infestans* in relation to plant age and leaf position. *Phytopathologisches Zeitschrift* 104, 157-167.
- Delden, A. van, 2001. Yield and growth of potato and wheat under organic N-management. *Agronomy Journal* 93, 1370-1385.
- Finckh M.R., Andrivon, D., Bødker, L., Bouws-Beuermann, H., Corbiere, R., Ellissèche, D., Philipps, S. & Wolfe, M.S., 2003. Diversifikationsstrategien für das Management der Kraut- und Knollenfäule der Kartoffel. In: Freyer, B. (Ed). *Kologischer Landbau der Zukunft*, Wissenschaftstagung zum kologischen Landbau, pp. 141-144.
- Finckh, M.R., Schulte-Geldermann, E. & Bruns, C., 2006. Challenges to organic potato farming: disease and nutrient management. *Potato Research* 49, 27-42.
- Hoofdproductschap Akkerbouw, sector Aardappelen (HPA), 2003. Ontheffingenbeleid bestrijding *Phytophthora infestans* 2003. 23 januari 2003, N021361a.BK.
- Hospers-Brands, A.J.T.M., Ghorbani, R., Bremer, E., Bain, R., Litterick, A., Halder, F., Leifert, C. & Wilcockson S.J., ingestuurd. Effects of some agronomic treatments on late blight (*Phytophthora infestans*) infection and yield of contrasting varieties of potatoes grown in organic production systems: pre-sprouting seed tubers and planting date; plant population and configuration. *Potato Research*, ingestuurd.



Figuur 4. Proefveld Zeewolde, 2006. Foto: LBI.

- Möller, K., 2000. Einflu und Wechselwirkung von Krautfäulebefall (*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary) und Stickstoffernährung auf Knollenwachstum und Ertrag von Kartoffeln (*Solanum tuberosum*) im kologischen Landbau. Technical University of Munich, Munich.
- Struik, P.C., 2007. Above-ground and below-ground development. Chapter 11 in: Vreugdenhil D. (ed.). *Potato biology and biotechnology*. Advances and perspectives. Elsevier, London, UK.
- Struik P.C. & Wiersema, S.G., 1999. Seed potato technology. Wageningen Pers, Wageningen, Nederland, 383 pp.
- Tamm, L, Smit, A.B., Hospers, M., Janssens, S.R.M., Buurma, J.S., Molgaard, J.P., Laerke, P.E., Hansen, H.H., Hermans, A., Bodker, L., Bertrand, C., Lambion, J., Finckh, M.R., Lammerts, C.E. van, Ruisen, T., Nielsen, B.J., Solberg, S., Speiser, B., Wolfe M.S., Phillips, S., Wilcockson, S.J. & Leifert, C., 2004. Assessment of the socio-economic impact of late blight and state-of-the-art management in European organic potato production systems, FiBL Report. Research Institute of Organic Agriculture FiBL, Frick, Switzerland, 106 pp., [www.orgprints.org/2936](http://www.orgprints.org/2936).
- Tiemens-Hulscher, M., Colon, L.T., Flier, W.G., Kessel, G.J.T., Budding, D.J., ter Berg, C., Burgt, G.J. van der, Hospers, M. & Lammerts van Bueren, E.T., 2003. Naar beheersingsstrategieën voor *Phytophthora infestans* in de biologische aardappelteelt. Louis Bolk Instituut, Driebergen, Nederland, Plant Research International, Wageningen, Nederland, 118 pp.
- Tiemens-Hulscher, M., Struik, P.C., Jansen, E.M., Putten, P.E.L. van der, Hospers-Brands, A.J.T.M. & Lammerts van Bueren, E.T., ingestuurd. The effect of physiological age on late blight (*Phytophthora infestans*) infestation and yield in organic potato production. *Potato Research*, ingestuurd.
- Visker, M.H.P.W., Keizer, L.C.P., Budding, D.J., Loon, L.C. van, Colon, L.T. & Struik, P.C., 2003. Leaf position prevails over plant age and leaf age in reflecting resistance to late blight in potato. *Phytopathology* 93, 666-674.
- Visker, M.H.P.W., Heilersig, H.J.B., Kodde, L.P., Weg, W.E. van der, Voorrips, R.E., Struik, P.C. & Colon, L.T., 2005. Genetic linkage of QTLs for late blight resistance and foliage maturity type in six related potato progenies. *Euphytica* 143, 189-199.
- Vos, J., 1995. Nitrogen and the growth of potato crops. In: Haverkort, A.J. & MacKerron, D.K.L. (eds.). *Potato ecology and modelling of crops under conditions limiting growth*. Kluwer, Dordrecht, Nederland, pp. 115-128.

# Phytophthora bij de bron hard aanpakken

Bert Evenhuis, Pete Skelsey, Stefan Bosmans, Wopke van der Werf, Walter Rossing, Rolf Hoekstra, Bert Holtslag en Geert Kessel

E-mail: geert.kessel@wur.nl

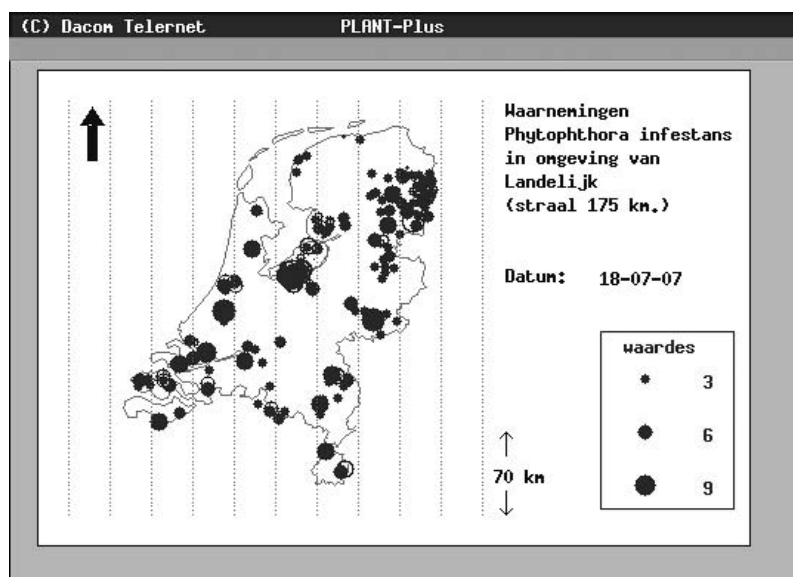
**Phytophthora infestans** is, vanuit populatiedynamisch oogpunt, misschien wel een van de meest sprekende voorbeelden van een opportunist (r-strategist) die we in de landbouw kennen. Grote populaties ontstaan tijdens het groeiseizoen en produceren enorme aantallen nakomelingen. Deze worden verspreid en in een enkel geval valt een nakomeling, in dit geval een sporangium, 'in vruchtbare aarde' waarna infectie kan ontstaan. Een snelle berekening leert dat, met een conservatief geschatte sporulatiedichtheid van honderd sporangia per mm<sup>2</sup> blad en een leaf area index van vijf, per hectare aardappel 5x10<sup>12</sup> sporangia geproduceerd kunnen worden. Wat daarvan het effect is in een regio met een hoge aardappeldichtheid, onder voor Phytophthora gunstige weersomstandigheden, laat het haardenkaartje van het MasterPlan Phytophthora voor het huidige teeltseizoen duidelijk zien (Figuur 1).

Het seizoen 2007 begon warm na een zeer zachte winter en er werd dus relatief vroeg gepoot. Kort na het planten sloeg het weer echter om en tot op heden (half juli) is het sterk wisselvallig, relatief koel en regenachtig. Ideaal voor zowel Phytophthora als voor de aardappel maar een teeltkundige ramp is nooit ver weg. Noodgedwongen worden daarom momenteel veelvuldig fungiciden ingezet om het gewas en de economische rentabiliteit van het bedrijf te redden. Het middelenpakket zoals dat momenteel in Nederland beschikbaar is, is gebaseerd op een groot aantal actieve stoffen en breed inzetbaar. Dezelfde weersomstandigheden die uitbreiding en verspreiding van Phytophthora in de kaart spelen werken echter negatief uit op beschermingsgraad en beschermingsduur van de bespuitingen. Geen wonder dus dat in de meeste aardappelvelden op dit moment in

meerdere of mindere mate wel Phytophthora is te vinden. Dit is misschien geen directe ramp maar de risico's op knolinfectie zijn groot. Hopelijk slaat het weer binnenkort om zodat een adempauze ontstaat, maar

zoals het seizoen 2006 heeft bewezen is warm en droog weer gedurende langere tijd slechts voldoende om epidemieën tijdelijk stil te zetten, niet om ze uit te bannen. Alertheid blijft daarom geboden hoe de rest van het seizoen 2007 ook zal verlopen.

Binnen het thema populatiebiologie van het parapluplan Phytophthora wordt onderzoek gedaan aan epidemiologische en populatiedynamische aspecten van het 'Phytophthoraprobleem'. De doelstelling is veelal praktisch van aard en gericht op het optimaal en minimaal inzetten van fungiciden en monitoring en karakterisering van de Nederlandse *P. infestans*-populatie. Hiermee



Figuur 1. Weergave van *Phytophthora infestans*-aantastingen in aardappel op 18 juli 2007 zoals gepubliceerd door het MasterPlan Phytophthora en Dacon PLANT Service B.V. op [www.kennisakker.nl](http://www.kennisakker.nl).

ARTIKEL

**Tabel 1.** Overzicht van primaire inoculumbronnen van de aardappelziekte per regio zoals waargenomen in de vroege haarden surveys van 1999 t/m 2005.

Regio	Herkomst aantastingen als % van het aantal bezochte percelen per regio					Aantal percelen bezocht
	Pootgoed	Oösporen	Verre bron <sup>b</sup>	Nabije bron <sup>c</sup>	Onbekend <sup>d</sup>	
Noordoost-Nederland	37	32	13	12	6	90
Zuidoost-Nederland	24	9	46	12	9	33
Noordwest-Nederland	26	0	40	30	4	27
Zuidwest-Nederland	53	0	32	15	0	34
<b>Gewogen gemiddelde<sup>a</sup></b>	36	17	27	15	5	184

<sup>a</sup> Het percentage velden geïnfecteerd vanuit een bepaalde type primaire inoculumbron, gebaseerd op 184 bezochte percelen.

<sup>b</sup> Inwaai over grotere afstand, bron niet geïdentificeerd.

<sup>c</sup> Inwaai over kortere afstand, bron soms geïdentificeerd.

<sup>d</sup> Bron niet eenduidig te identificeren, meerdere mogelijkheden aannemelijk.

levert en onderbouwt dit thema maatregelen die in 'de Toolbox' op praktijkwaarde worden getoetst alvorens aan de praktijk te worden overgedragen. Een aantal projecten passeert hierna de revue.

### Primaire bronnen en vroege aantasting

Phytophthorabeheersing bestaat uit een geïntegreerd pakket maatregelen gebundeld in de jaar-rond Phytophthorabestrijdingsstrategie. Jaarlijks wordt een ge-update versie van deze strategie aan de sector ter beschikking gesteld (Schepers *et al.*, elders in dit nummer). Ofschoon Phytophthorabeheersing een jaar-rond activiteit is wordt in het vroege voorjaar 'begonnen' met het opruimen of tegen gaan van de erfenis van het vorige seizoen in de vorm van primaire bronnen zoals afvalhopen, geïnfecteerd pootgoed, opslag en oösporen. Bronnen zoals oösporen in de bodem en latent geïnfecteerd pootgoed zijn praktisch gezien het best in preventieve zin en in het voorgaande seizoen aan te pakken. Afvalhopen en opslag moeten op tijd worden opgeruimd. Een verontrustende ontwikkeling is het optreden van een zogenaamde groene

brug tussen twee teeltseizoenen zoals mogelijk tussen 2006 en 2007 het geval was. In zowel december 2006 als januari 2007 werd actieve Phytophthora op aardappelopslag gemeld. Klimaatverandering en het veelvuldig optreden van zeer zachte winters zijn in dit verband dus ook geen goed nieuws.

In de periode 1998 – 2005 is op initiatief van het MasterPlan Phytophthora intensief gekeken naar het belang van de diverse primaire inoculumbronnen (Tabel 1). Het onderzoek is afgerond onder de Paraplu van het Ministerie van Landbouw, Natuur & Voedselkwaliteit. De belangrijkste conclusie van het project 'Vroege Haarden Determinatie' was dat al zeer vroeg in het groeiseizoen, soms al in de eerste week na opkomst, infecties kunnen ontstaan als de weersomstandigheden gunstig zijn. Opvallend was verder dat bij 83% van de vroege haarden (n=49) de eerste bespuiting was gemist! Op een aanzienlijk deel van deze percelen (50%) had bovendien een bespuiting al in de eerste week na opkomst moeten plaatsvinden. De conclusie lag voor de hand: wachten met de eerste bespuiting als een kritieke periode wordt voorspeld is onverantwoord, ongeacht het gewasstadium. Het idee dat in de praktijk soms

nog leeft, dat gewacht kan worden met de eerste bespuiting tot het gewas zich in de rij sluit, is daarmee, wederom, faliekant onjuist gebleken.

Aardappelafvalhopen zijn al lang bekend als primaire bron van de aardappelziekte. Ondanks het feit dat ze relatief eenvoudig uit te schakelen zijn blijkt toch steeds weer dat een kleine groep telers niet de moeite neemt om de verplichte maatregelen voor 15 april te treffen (HPA-verordening). Gezien de snelheid waarmee Phytophthora om zich heen kan grijpen vormt dit soort nalatigheid niet alleen een gevaar voor de eigen aardappelteelt maar, willens en wetens, ook voor die van de burens.

Aardappelopslag is misschien niet de meest belangrijke primaire bron van inoculum maar doordat deze aardappelen langdurig, vaak aan het zicht onttrokken, op het land aanwezig zijn kunnen ze een krachtige 'booster-rol' voor lokale en regionale epidemieën vervullen. Vandaar de HPA-verordening die stelt dat voor 1 juli maatregelen getroffen moeten worden tegen aardappelopslag boven een vastgestelde dichtheid. Nieuw voor Nederland is het mogelijk optreden van een groene brug tussen twee



teeltseizoenen door het voortdurend aanwezig zijn van aardappelopslag met actieve *Phytophthora*. De impact van dit fenomeen op de *P. infestans*-populatie en het optreden van aantasting vroeg in het voorjaar is nog onduidelijk.

Infecties vanuit oösporen worden voornamelijk gevonden op de zandgronden, met name in noordoost Nederland. Dit heeft waarschijnlijk te maken met de nauwe teeltrotaties in dat gebied gecombineerd met het feit dat oösporen in deze grond zo'n vier jaar kunnen overleven. Bestrijding van aardappelopslag is een van de belangrijkste maatregelen, omdat op opslag massaal oösporen kunnen worden gevormd. Bestrijding van *Phytophthora* in het gewas tot het eind is de tweede specifieke maatregel.

Pootgoed is een oude bekende bron van primair inoculum, maar daarom niet minder belangrijk! Uit Tabel 1 blijkt dat, ondanks hoge kwaliteitseisen, pootgoed de meest belangrijke individuele primaire bron is. Dit is niet verwonderlijk, gezien de hoeveelheid pootgoed die jaarlijks in Nederland de grond ingaat (geschat op 160.000 hectare x 40.000 poters per hectare = 6.4 miljard poters) maar wel een belangrijk aandachtspunt in de beheersingsstrategie.

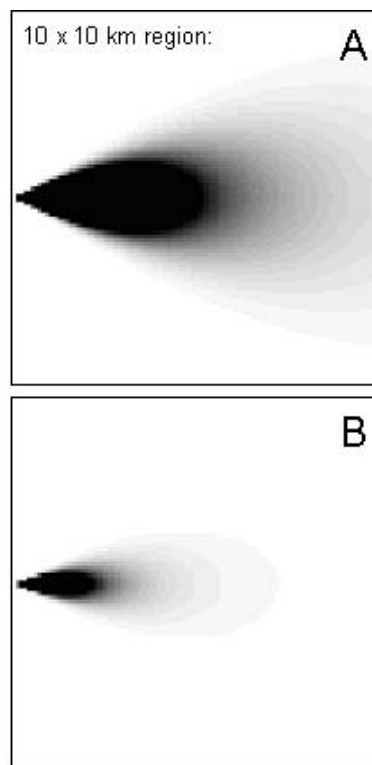
Primeurteelten onder plastic of folie zijn extra kwetsbaar als het gaat om vroege infectie door *P. infestans*. Een effectieve beheersing van de aardappelziekte is vereist vanwege het gunstige klimaat voor uitbreiding van de ziekte onder de bedekking en vanwege het belang van deze potentieel vroege infectiebron voor de omgeving. Aan de hand van deze bevindingen worden nu specifieke maatregelen geadviseerd om verspreiding van aantasting

vanuit deze vroege teelten tegen te gaan.

Een interessant kwalitatief resultaat van het project was dat het ontstaan van zwaar aangeaste planten, relatief laat in het seizoen, soms herleid konden worden tot infectie vanuit (latent) geïnfecteerd pootgoed. Beide inzichten hebben er toe geleid dat de teler door een aangepaste middelenkeuze het tot expressie komen van latente knolinfectie in poters voor een deel kan voorkomen. Echter ook hier geldt dat een gedegen aanpak bij de bron een hoop problemen kan voorkomen. Starten met gezond pootgoed dus, maar hoe doe je dat?

### **Loofbescherming, resistentie en verlaagde doseringen**

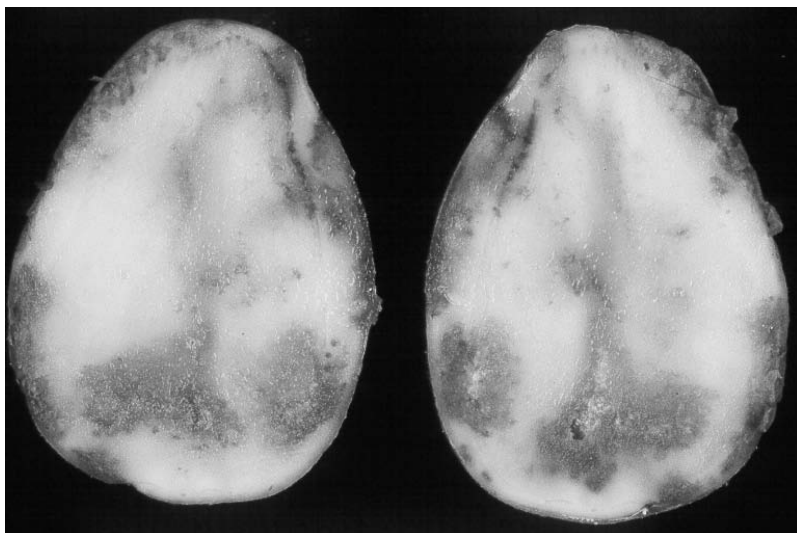
Phytophtorabeheersing is gebaseerd op een preventieve bestrijdingsstrategie. Alle maatregelen zijn erop gericht loofaantasting, en daardoor knolaantasting, te voorkomen. Dat resulteert noodzakelijkerwijs in het frequent inzetten van fungiciden, zeker in een seizoen als 2007. Onderzoek heeft laten zien dat met name bij gebruik van resistente rassen de inzet van fungiciden aanmerkelijk verminderd kan worden. In een driejarig samenwerkingsproject tussen PPO-AGV en PRI werd in veldproeven voor 30-34 veelgeteelde rassen in Nederland de dosis-responscurve voor Shirlan (a.i. Fluazinam) bepaald onder hoge infectiedruk. Uit de proeven bleek dat de meest resistente rassen met slechts 20% van de adviesdosering Shirlan evengoed beschermd waren als de vatbare rassen met de adviesdosering. Deze resultaten zijn vervolgens gebruikt om de rassen in vier klassen in te delen waarbij voor elke groep een specifieke Shirlan-dosering



*Figuur 2. Gesimuleerde sporendepositie vanuit een puntbron in een regio van 10 x 10 km. A: depositie van alle sporen, inclusief sporen die door inwerking van UV zijn gedood. B: Depositie van uitsluitend levende sporen.*

geadviseerd wordt. Deze resultaten worden via de Toolbox en het Masterplan *Phytophthora* geïntroduceerd in de praktijk.

Omdat een dergelijk systeem gebaseerd is op het resistentieniveau van aardappelrassen vormt doorbraak van resistentie door *P. infestans* een risico. In de oorspronkelijke veldproeven is daarom gewerkt met een mengsel van vijftien isolaten met daarin compatibiliteit voor alle rassen om genoemde risico's zoveel mogelijk af te dekken. Desondanks blijft de *Phytophthora* zich ontwikkelen, wat tot erosie van resistentie kan leiden. Dit hebben we in 2006 zien gebeuren met de rassen Biogold en Innovator. In 2007 lijkt iets dergelijks mogelijk aan de hand met Festien.



Figuur 3. Knolaantasting door *Phytophthora infestans* veroorzaakt primair een droogrot.

### **Phytophthora-sporangiën verspreidingsmodel**

*P. infestans*-sporangia worden o.a. verspreid met de luchtstromen die zich over een aardappelgewas bewegen. Om een beter inzicht te krijgen in ruimtelijke aspecten van de epidemiologie van de aardappelziekte is een meteorologisch model voor verspreiding van gassen en kleine deeltjes aangepast en gekoppeld aan een (lokaal) epidemiologisch model van het aardappel – *P. infestans* pathosysteem en overlevingsfuncties voor *P. infestans*-sporangia in de atmosfeer. Deze virtuele 'Phytophthora-arena' wordt momenteel gebruikt om aanscherping van de berekening van de sporeninflux te onderzoeken. Levende, inwaaiende sporangia bepalen voor een belangrijk deel het infectierisico voor een gewas en daarmee de spuitadviesing en mogelijkheden tot doseringsverlaging (Figuur 2). Op dagen met beter weer worden veel sporen gedood door UV-straling wat de verspreiding van vitale sporen beperkt.

Daarnaast wordt dit model gebruikt om de mogelijkheden van diversificatiescenario's in

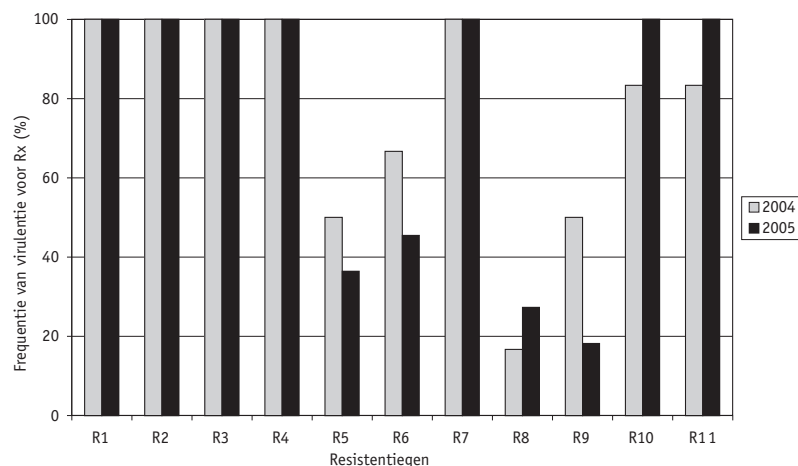
ruimte en tijd met (GMO-) resistente aardappelrassen te onderzoeken (zie ook Haverkort *et al.*, elders in dit nummer). Wat is bijvoorbeeld het effect van een teeltsysteem waarin uitsluitend mengsels van meer en minder (GMO-) resistente rassen geteeld worden? Het doel is om op diverse schaalniveaus te onderzoeken of een teeltsysteem dusdanig bufferend gemaakt kan worden dat *P. infestans* in zijn uitbreiding, en dus in zijn populatieopbouw en aanpassingsnelheid, wordt geremd.

### **Knolaantasting**

Aangetaste knollen (Figuur 3), in pootgoed, afvalhoop of opslag, zijn voor *P. infestans* nog steeds de belangrijkste manier om een teeltvrije periode te overleven (Tabel 1). Het voorkomen van knolaantasting door een combinatie van gepaste maatregelen en resistentie blijft dus onverminderd belangrijk. Om de advisering rondom het voorkomen van knolaantasting te verbeteren is veel detailkennis rondom de ontstaanswijze van knolaantasting en het effect daarop van de diverse potentiële maatregelen onontbeerlijk.

De processen die leiden tot knolaantasting zoals sporulatie, afregenen van sporen, overleven van sporen in de rug en infectie van de knol, zijn hiervoor onderzocht en deels gekwantificeerd. Einddoel is de ontwikkeling van specifieke beslisseregels die de (pootgoed)teiler kan gebruiken om de aardappelknollen efficiënt ziektevrij te houden.

Voor knolinfectie zijn vitale sporangia nodig. Door regenval zullen de sporangia naar beneden spoelen richting de knollen. Het aantal sporen dat in de grond terecht komt is bepalend voor de kans op aantasting van de knol. Of het tot aantasting komt hangt af van het bodemklimaat, maar ook van het ras. Naarmate een ras resistenter is voor *Phytophthora* zijn er meer sporangia nodig om aantasting te bewerkstelligen. Als op ieder moment bekend zou zijn wat de sporendichtheid in de grond is dan is het mogelijk om het risico op knolaantasting uit te rekenen. Maatregelen kunnen er dus op gericht zijn om te voorkomen dat een drempelwaarde wordt overschreden. Bij voorkeur moet het gewas *Phytophthora*-vrij gehouden worden. Indien dat niet lukt moeten door gebruik van fungiciden met een curatieve en sterk sporendodende werking de gevolgen van deze aantasting tot een minimum worden beperkt. Een verrassende, maar onaangename, ontdekking was dat sporangia veel langer in de aardappelrug kunnen overleven dan gedacht. Voorheen werd rekening gehouden met een overlevingsduur van 14 dagen. Uit onderzoek blijkt nu dat sporangia in de aardappelrug tot circa 10 weken kunnen overleven. Koele, droge omstandigheden bleken bevorderlijk voor overleving. Dit heeft als gevolg dat een risicosituatie



Figuur 4. Frequentie van virulentiefactoren tegen R1 tot en met R11 in *P. infestans*-isolaten uit 2004 en 2005.

(lichte loofaantasting) vroeg in het seizoen nog heel veel later gevolgen kan hebben, bijvoorbeeld bij het rooien. Rooibeschattingen zijn uitstekende invalspoor voor *P. infestans*.

### Oude en nieuwe populaties en populatieontwikkeling

De *P. infestans*-populatie zoals die zich na 1850 in Europa vestigde bestond uitsluitend uit het A1-paringstype en was voor genetische veranderingen zoals het doorbreken van resistenties afhankelijk van spontane mutaties. In de jaren tachtig van de vorige eeuw bleek deze oude populatie in Nederland vervangen door een nieuwe populatie, bestaande uit beide paringstypen, na een herintroductie van *P. infestans* in de tweede helft van de jaren zeventig. De gevolgen waren o.a. introductie van eigenschappen die voorheen niet in Nederland werden aangetroffen, een groter aanpassingsvermogen van *P. infestans* door de functionele seksuele cyclus en een toename van agressiviteit. Al met al werd de aardappelziekte steeds moeilijker te beheersen en tot op de dag van vandaag lijkt het eind van deze ontwikkeling niet in zicht.

Isolaten uit de vroege oude populatie bezitten vaak 'slechts' het vermogen (virulentiefactoren) een of enkele R-genen te doorbreken. Isolaten uit de huidige populatie bezitten gemiddeld 10 virulentiefactoren tegen R-genen R1 tot en met R11 afkomstig uit *Solanum demissum* (Figuur 4). Welke virulentiefactoren in de huidige populatie aanwezig zijn tegen R-genen uit andere *Solanum* spp. wordt momenteel onderzocht als een soort nulmeting als onderdeel van het DuRPh project (Haverkort *et al.*, elders in deze uitgave).

Met betrekking tot fungicide-resistentie is bij *P. infestans* tot op heden slechts resistentie opgetreden tegen metalaxyl. Dit middel is gedurende langere tijd veel ingezet als 'brandweermiddel' wat resistentie-ontwikkeling direct in de hand heeft gewerkt. Uit onderzoek naar de achtergrond van metalaxyl-resistentie blijkt dat selectie op lage, sub-lethale, concentraties al snel resulteert in intermediaire niveaus van resistentie. Vergelijkbaar werk met het fungicide cyazofamid laat echter geen selectie voor resistentie zien bij sub-lethale concentraties. Uit theoretisch onderzoek blijkt voorts dat lokale aanwezigheid van lage, sub-lethale,

concentraties de evolutie van resistentie enorm kan vergemakkelijken (Kepler & Perelson, 1998). Aangezien concentraties actieve stof in een gewas niet overal en altijd even hoog zijn heeft dit proces mogelijk een grote rol gespeeld in de evolutie van metalaxylresistentie.

Daarnaast lijken er nauwelijks fitness-kosten verbonden aan metalaxylresistentie waardoor deze relatief stabiel in een populatie aanwezig kan blijven, ook bij afwezigheid van metalaxyl en dus het weggevalen van selectiedruk. Het resultaat met cyazofamid en de beschikbaarheid van een veelheid aan andere actieve stoffen geeft vertrouwen in de mogelijkheden van het huidige, brede, middelenpakket verdere resistentie-ontwikkeling tegen te gaan.

Tijdens een monitoring van het voorkomen van het A1- en A2-paringstype in 2000 werd geconcludeerd dat A1 en A2 beide voldoende voorkwamen om in heel Nederland oösporenvorming mogelijk te maken. Deze situatie was onveranderd in 2005 maar de balans tussen A1 en A2 bleek verschoven richting een steeds groter aandeel van het A2-paringstype met een 2/3 – 3/4 aandeel in de populatie sinds 2003. Deze trend wordt in de rest van Europa eveneens waargenomen.

Wat precies de drijvende krachten achter de voortdurende aanpassingen in de populatie zijn is niet helemaal duidelijk. Agressiviteit en fitness spelen zeker een rol getuige de resultaten van een project naar competitie tussen drie *P. infestans*-isolaten op verschillende aardappellassen. De isolaten bleken te verschillen in hun vermogen zich te vestigen na kunstmatige inoculatie, in het vermogen een groot aan-



deel in de populatie te verwerken tijdens de (polycyclische) loofepidemie en in hun vermogen zich vanuit het loof in de knol te vestigen. Geen van de isolaten was het sterkst op alle drie aspecten waardoor er nog steeds 'room for improvement' lijkt te bestaan voor *P. infestans*. Het lijkt dus allemaal nog erger te kunnen voor de telers. Daarnaast had het aardappelras een grote invloed op de onderlinge competitieve kracht van de *P. infestans*-isolaten. Via de rassenkeuze selecteren we dus (van)zelf de *P. infestans*-populatie die het best op ons rassenpakket is aangepast.

Ondanks meer dan een eeuw studie, onderzoek en veredeling is *P. infestans* in staat gebleken zich voortdurend aan te passen aan zijn veranderende omgeving. Introductie van resistente rassen heeft geleid tot accumulatie van virulentiefactoren. Resistentie tegen

metalaxyl is wijd verbreid. In de jaren zeventig van de vorige eeuw is een nieuwe populatie geïntroduceerd waarvan we nu nog niet alle consequenties op een rijtje hebben. Zeker is dat de agressiviteit van *P. infestans* sterk is toegenomen met stevige consequenties voor de dagelijkse praktijk rondom Phytophthora-beheersing en de fungiciden-input. *Phytophthora infestans* is er dus keer op keer in geslaagd ons te verbazen en zal dat in de toekomst ook blijven doen. Desondanks is Phytophthora eigenlijk een beheersbare ziekte, heel misschien met uitzondering van natte jaren als 2007. De uitdaging voor de toekomst is om Phytophthora beheersbaar te houden en de afhankelijkheid van fungiciden drastisch te verminderen. Hiervoor wordt momenteel gewerkt aan extra bouwstenen voor de bestrijdingsstrategie zoals nieuwe resistenties en strategieën voor

resistentie/virulentie-management.

Wordt Nederland in de toekomst dan Phytophthoravrij? Zeer waarschijnlijk niet, het ongrijpbare karakter van *P. infestans* gecombineerd met honderd zestigduizend hectare aardappel garanderen eigenlijk dat de aardappelziekte altijd wel ergens opduikt. De *P. infestans*-populatie past zich continue aan en we zullen dus de vinger aan de pols moeten houden om het Phytophthoraprobleem voor de toekomst op een milieuvriendelijke manier beheersbaar te houden.

### Literatuur

- Kepler, T.B. & Perelson, A.S., 1998. Drug concentration heterogeneity facilitates the evolution of drug resistance. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 95, 11514-11519.



Figuur 5: Aardappelloofdoding in biologische teelt.



# Ontwikkeling van een duurzame *Phytophthora*-resistentiestrategie in aardappel

Edwin van der Vossen, Ronald Hutten, Vivianne Vleeshouwers, Evert Jacobsen en Richard Visser

Wageningen UR, Plantenveredeling, Postbus 386, 6700 AJ Wageningen, email: edwin.vandervossen@wur.nl

## Resistentie

Net als mensen en dieren hebben planten afweermechanismen (resistentie) ontwikkeld om de constante druk van ziekteverwekkers (pathogenen) te overleven. Resistentie in planten lijkt opgebouwd uit meerdere lagen. In eerste instantie wordt het grootste deel van de potentiële ziekteverwekkers tegengehouden door constitutief aanwezige barrières bestaande uit fysieke obstakels (zoals celwanden) en de aanwezigheid van gevormde antimicrobiële afweerstoffen. Sommige pathogenen hebben zich echter zodanig gespecialiseerd dat ze deze primaire vormen van afweer (niet-waardplantresistentie) kunnen omzeilen. Voor dit type pathogeen heeft de plant een secundair resistentiemechanisme ontwikkeld, dat geïnduceerd wordt en gebaseerd is op herkenningssystemen (waardplantresistentie). Deze vorm van resistentie kan leiden tot een absolute vorm van resistentie die slechts werkzaam is tegen een beperkt aantal verschijningsvormen (isolaten of fysio's) van de ziekteverwekker, of tot een lager niveau van resistentie (partiële resistentie) die werkzaam is tegen alle fysio's. Een karakteristieke vorm van geïnduceerde resistentie is de overgevoeligheidsreactie (*hypersensitive response*, HR), die gekenmerkt wordt door

de dood van een kleine groep cellen op de plaats van infectie. Gelijktijdig wordt er een cascade van afweerreacties in gang gezet, zowel lokaal, direct rond de plaats van infectie, alsook in andere delen van de plant. In geval van specifieke resistentie, die gebaseerd is op 'gen-omgen'-interacties, zijn resistentiegenen (R-genen) in staat resistentie te bewerkstelligen via de herkenning van (specifieke) eiwitten van de ziekteverwekker, 'effectors' of avirulentie (AVR)-eiwitten genaamd. Partiële resistentie lijkt gebaseerd te zijn op de werking van meerdere onbekende genen of zwakke R-genen, die elk slechts een beperkt effect hebben op het resistentieniveau.

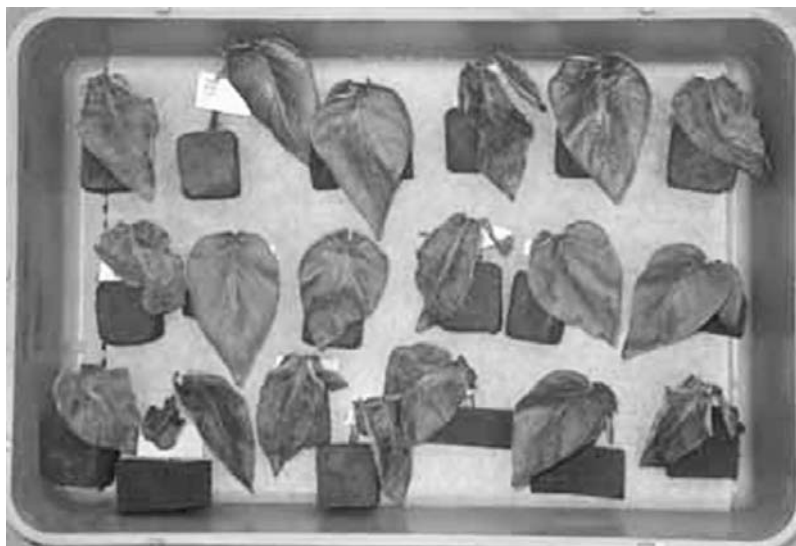
In geval van de aardappelteelt, wordt de meest ingrijpende ziekte (de aardappelziekte) veroorzaakt door de oömyceet *Phytophthora infestans*. Nederlandse telers beheersen de ziekte momenteel chemisch tegen hoge kosten in zowel economische zin als uit milieu-oogpunt. Omdat toekomstige beschikbaarheid van bestrijdingsmiddelen onder druk staat, heeft introductie van duurzame resistentie de hoogste prioriteit.

## Historie van resistentieveredeling

Resistentieveredeling met

betrekking tot de aardappel (*Solanum tuberosum*) vindt zijn oorsprong in de eerste, en tegelijkertijd desastreuze, *Phytophthora*-problemen in Noord Amerika en Europa in de periode 1843-1850. Slechts enkele van de vele geteelde landrassen overleefden deze uitbraak. Tezamen met een enkele nieuwe introductie (Rough Purple Chili) vormden deze landrassen de basis voor onze moderne rassen. Tot 1910 zijn er echter weinig aansprekende resultaten geboekt m.b.t. resistentieverdeling tegen *P. infestans*. De afgenomen agressiviteit van *Phytophthora* t.o.v. de periode 1845-1850 heeft waarschijnlijk een grotere rol gespeeld in de overleving van de aardappel als gewas in Europa dan deze eerste veredelingsactiviteiten. De ontdekking van monogene resistentie tegen wratziekte (*Synchytrium endobioticum*) en de herontdekking van de wetten van Mendel richtte het vizier van het aardappelresistentieonderzoek op de wilde aardappelsoorten van Zuid en Midden Amerika en speciaal op *Solanum demissum*. Dit gebeurde bij toeval, omdat deze soort, dan wel zijn hybriden, in Europese botanische tuinen aanwezig was en resistent bleek te zijn tegen *Phytophthora*. Een ander toeval was de relatief gemakkelijke kruisbaarheid van deze soort met onze cultuuraardappel. Het Duitse ras 'Sandnudel'

ARTIKEL



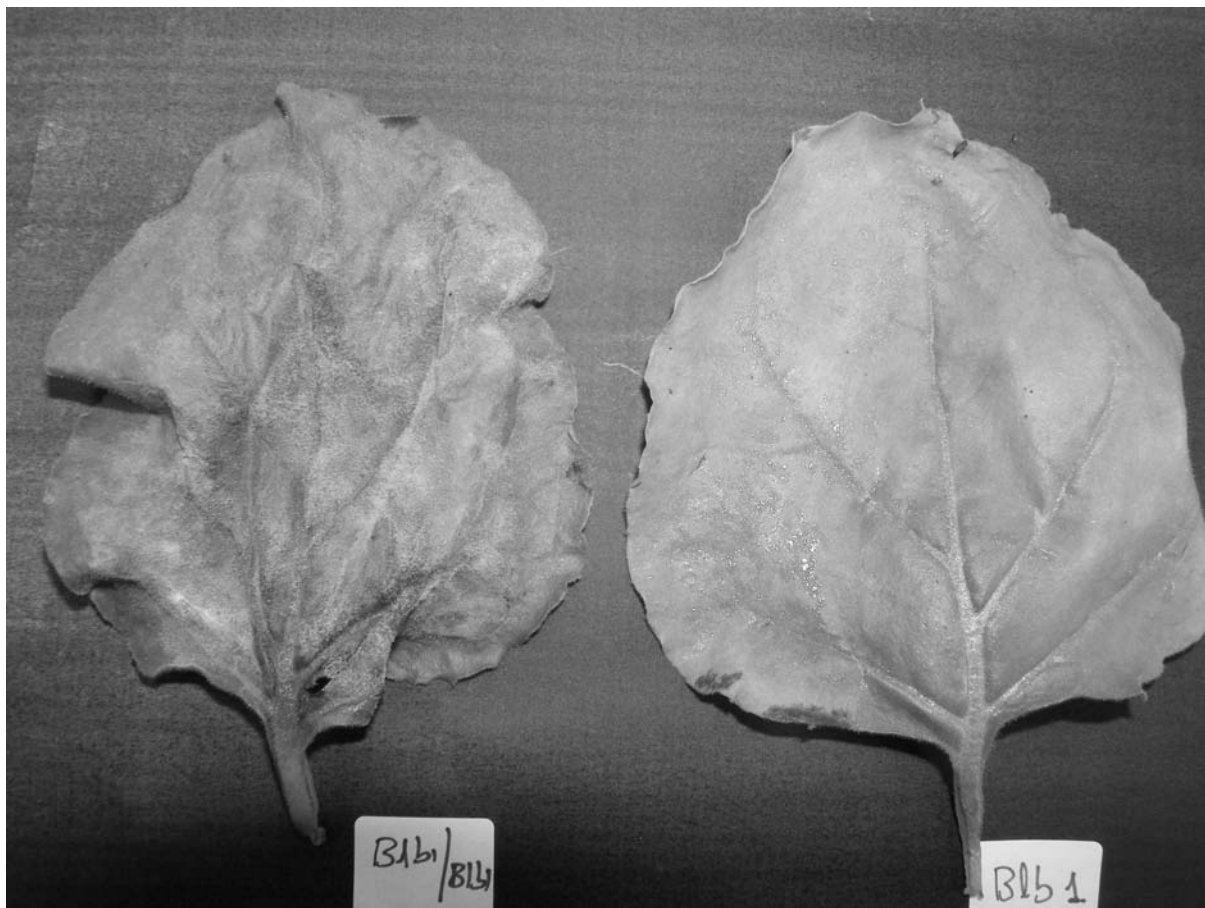
Figuur 1. Voorbeeld van een 1:1 uitsplitsing van resistentie in een blaadjestoets van een F1-nakomelingschap, hetgeen een sterke aanwijzing is voor de aanwezigheid van een enkel R-gen.

(1934) was het eerste commerciële ras met een R-gen uit *S. demissum*. In diezelfde periode werd in Duitsland en Engeland de eerste doorbraak van de nieuwe resistentie waargenomen. Echter niet al het materiaal werd aangetast, en het werd duidelijk dat er in *S. demissum* meerdere resistentiegenen aanwezig waren. Tot en met de jaren vijftig bleef men het vertrouwen houden dat de combinatie van meerdere *S. demissum*-resistentiegenen dé oplossing tegen *Phytophthora* zou brengen. Het voorkomen van *Phytophthora*-isolaten met virulentiegenen tegen alle tot dan toe toegepaste/gevonden R-genen leidde echter in 1955 tot de totale neergang van de resistentieveredeling programma's. Vanaf dat moment werd resistentie gebaseerd op R-genen niet meer beschouwd als een realistische oplossing van het probleem. Als er al mogelijkheden voor resistentieveredeling tegen *Phytophthora* waren zouden die gezocht moeten worden in de partiële, niet-fysio-specifieke, resistentie. Vijftig jaar van veredeling op partiële resistentie tegen *Phytophthora* heeft

echter niet het succes gebracht dat in andere gewassen met dit type resistentie wel is geboekt. Onderzoek heeft weliswaar veel kleine QTL's ('Quantitative trait loci'; kwantitatieve eigenschappen berustend op meerdere genen) opgeleverd maar deze zijn voor zowel de klassieke veredelaar als de moleculair geneticus, door de aard van het aardappelgewas (tetraploïd, kruisbestuiver, zeer heterozygoot), niet bruikbaar. Daarbij komt dat de QTL met het grootste effect m.b.t. partiële resistentie op chromosoom 5 ligt en zijn positie samenvalt met de positie van het hoofdgen dat de afrijping van het gewas bepaalt. Partiële resistentie blijkt gecorreleerd te zijn met een late afrijping, een correlatie die velen zonder succes hebben geprobeerd te doorbreken. Dit rechtvaardigt de conclusie dat het op chromosoom 5 gelegen hoofdgen, dat het tijdstip van afrijping bepaalt, een invloed op *Phytophthora*-resistentie heeft die onlosmakelijk verbonden is met de groeidynamiek van het genotype.

De tetraploïde en heterozygote aard van onze aardap-

pelrassen, gecombineerd met de grote hoeveelheid eigenschappen waarmee rekening gehouden moet worden in het veredelingsprogramma, maakt het voor veredelaars bijna onmogelijk om meer dan 2 à 3 genen voor dezelfde eigenschap te stapelen. De, grotendeels op afrijping gebaseerde, in het rassenpakket voorkomende, verschillen in partiële resistentie tegen *Phytophthora* bieden geen enkel vooruitzicht op een duurzame teelt zonder gebruik van grote hoeveelheden gewasbeschermingsmiddelen. De bestaande verschillen bieden slechts mogelijkheden tot het spuiten met verlaagde doseringen en/of een spuitregime met grotere tijdsintervallen. Kortom voor de veredelaars is het duidelijk dat de enige mogelijkheid voor resistentieveredeling ligt in het gebruik van absolute, fysio-specifieke, resistentiegenen of partiële resistentiegenen met een groot effect (hoofdgenen). Gelukkig heeft niet iedereen zich bij de klaarblijkelijke nederlaag van de R-gen gebaseerde resistentieveredelingsprogramma's neergelegd. In de zestiger jaren startte het toenmalige Instituut voor Plantenveredeling (IVP) een introgressieveredelingsprogramma met *S. bulbocastanum*. *Phytophthora*-resistentie uit deze soort werd middels een ingenieus brugkruisingschema met de soorten *S. aucale* en *S. phureja* in de *S. tuberosum* genenvoorraad ingebouwd. Uit dit programma bereiken de eerste rassen momenteel de markt. Ook R-genen uit bijvoorbeeld *S. berthaultii* en *S. microdontum* zijn in veredelingsprogramma's van diverse kweekbedrijven ver opgewerkt en de verwachting is dat dit materiaal binnen afzienbare tijd goede *Phytophthora*-resistente rassen gaat opleveren. Het succes van



Figuur 2. Voorbeeld van lokale expressie van kandidaat AVR-genen in een *Solanum*-blad via Agro-infectie. De overgevoeligsreactie bij de onderste twee prikjes wijst op een mogelijke R-AVR-interactie.

deze nieuwe generatie rassen is natuurlijk sterk afhankelijk van de snelheid en mate waarin de *Phytophthora*-populatie virulentie tegen deze genen, of combinatie van genen, zal ontwikkelen. Dat dit vroeg of laat zal gebeuren wordt nauwelijks betwijfeld. Er zullen dan ook beheersstrategieën ontwikkeld moeten worden op basis van de kennis omtrent virulentie, fitness en epidemiologie van de aanwezige *Phytophthora*-isolaten, de R-genen aanwezig in de te telen aardappelrassen en de beschikbare bestrijdingsmiddelen om de verkregen resistenties waardevol te laten blijven. Een aantal feiten m.b.t. deze materie stemt ons hoopvol om te verwachten dat dit geen utopie is. Hoewel de elf gedefinieerde R-genen uit *S. demissum* allemaal doorbroken zijn en er isolaten bestaan

die virulentie tegen al deze elf R-genen bezitten zijn er voorbeelden te vinden van situaties waarin deze genen toch inzetbaar zijn in de strijd tegen *Phytophthora*. Zo verschijnt de ziekte in Frankrijk systematisch later op rassen die het R2-gen bezitten en kan het ras Escort, dat minstens vijf R-genen bezit, in de meeste jaren, zonder al te grote *Phytophthora*-problemen biologisch geteeld worden. Ook nieuwere, uit *S. demissum* afkomstige, resistenties waarover de meningen verdeeld zijn of het fysio-specifieke R-genen dan wel niet-fysio-specifieke hoofdgenen betreft, blijkt in Mexicaanse en Hongaarse kweekprogramma's gedurende een reeks van decennia goed te voldoen, getuige de resistentie van rassen als o.a. Nortena en Sarpo Mira.

### Nieuwe bronnen van resistentie

Vanuit het Laboratorium voor Plantenveredeling, financieel ondersteund door initiatieven zoals het Centre for Biosystems Genomics (CBSG) en het *Phytophthora* ParapluPlan, is een systematische evaluatie van resistentie tegen *Phytophthora* in knoldragende wilde *Solanum*-soorten opgestart. In totaal werden 5000 genotypen, verdeeld over 1000 accessies van 200 verschillende knoldragende *Solanum*-soorten, *in vitro* op resistentie getoetst. In niet minder dan 166 *Solanum*-soorten werd enige vorm van resistentie gevonden. Gebruikmakend van kennis m.b.t. soortindeling en geografische herkomst van de *Solanum*-soorten werd een selectie gemaakt van 1200 genotypen



welke d.m.v. blad-, en veldtoetsen uitgebreid met meerdere isolaten werden getoetst. Genotypen met een duidelijke resistentiereactie tegenover meerdere isolaten werden gekruist met vatbare genotypen om populaties te verkrijgen waaraan genetische studies kunnen worden gedaan teneinde de overerving van de betreffende resistentie(s) te achterhalen (Figuur 1). Het moge duidelijk zijn dat men hierbij met name geïnteresseerd is in het vinden van hoofdgenen. Tot nu toe zijn op deze wijze in 16 *Solanum*-soorten aanwijzingen gevonden dat resistentie het gevolg is van een R-gen. Van nog eens 15 soorten bleef het gehele nakomelingenschap onverminderd resistent, hetgeen ook een sterke aanwijzing voor de aanwezigheid van R-genen is. De verwachting is dat binnen dit onderzoek het aantal soorten waarin R-genen aangetoond worden nog aanzienlijk uitgebreid zal worden. Verdere analyse m.b.t. identiteit, werking en specificiteit van deze genen zal ons duidelijk maken met hoeveel genen veredelaars potentieel aan de slag kunnen en welke combinaties van R-genen een grote kans op duurzame resistentie zullen geven.

### **Knolresistentie**

De eerste uitbraak van Phytophthora (1843-1850) maakte niet alleen duidelijk dat binnen zeer korte tijd een akker met een groen en gezond aardappelgewas in een zwartgeblakerd slagveld kon veranderen, maar ook dat de aardappelknollen in de grond of in de bewaring gevoelig waren voor de ziekte en konden veranderen in een zwart-paarse slijmerige substantie. Aangetaste knollen geven niet alleen opbrengstverlies maar zijn in afvalhopen en als aardappelopslag

belangrijke verspreidingshaarden voor de Phytophthora-epidemie. Daarom moeten afvalhopen worden opgeruimd of afgedekt en wordt aardappelopslag zoveel mogelijk bestreden. Verder probeert men er alles aan te doen om te voorkomen dat zieke knollen worden ingeschuurd. In de praktijk blijken deze maatregelen niet afdoende te werken en daarom is het wijs meer aandacht aan knolresistentie te schenken. Of knollen aangetast worden is afhankelijk van factoren als de plaats van de knollen in de rug, rooibeschattingen, dikte van de schil maar vooral van resistentie van en in de knol. Knolresistentie, zowel kwantitatieve als kwalitatieve resistentie, is beperkt aanwezig in het huidige rassenassortiment. De genetica van deze knolresistentie is echter nauwelijks bestudeerd en zeker niet in relatie met de R-genen welke in het aardappelloof actief zijn. Slechts van 4 R-genen is de werking in de knol bekend. Twee R-genen, uit respectievelijk, *S. bulbocastanum* en *S. demissum*, (*Rpi-abpt* en *R3a*) werken enkel in het blad, terwijl twee andere genen uit *S. demissum* (*R1* en *R3b*) ook in de knol werkzaam zijn (Park, 2005). In meerdere onderzoeksprojecten wordt momenteel aan knolresistentie gewerkt. Hierin wordt zowel aandacht besteed aan de rol van *S. demissum*-R-genen als ook aan andere, nieuwe, in het blad werkzame R-genen. Tevens wordt de genetica onderzocht van het zeer hoge niveau van knolresistentie dat in sommige bestaande rassen is aangetroffen.

### **Klonering van R-genen**

Om duurzame resistentiestrategieën te kunnen ontwikkelen door het bij elkaar brengen (stapelen) van meerdere R-genen, via klassieke veredeling

of via Genetische Modificatie (GM) -technologieën, moet men beschikken over genoeg R-genen waarvan men de werking en het resistentiespectrum zo goed mogelijk kent. Alleen met deze kennis kunnen juist die R-genen gestapeld worden in bestaande rassen die de kans op duurzame resistentie tegen Phytophthora zo groot mogelijk maken. Daarvoor is het nodig een groot aantal R-genen uit verschillende *Solanum*-soorten te isoleren en te karakteriseren. Tot 2007 waren er in totaal 4 R-genen gekloneerd die werkzaam zijn tegen *P. infestans*: *R1* (Ballvora *et al.*, 2002) en *R3a* (Huang *et al.*, 2005) uit *S. demissum* en *Rpi-blb1* (van der Vossen *et al.*, 2003), *Rpi-blb2* (van der Vossen *et al.*, 2005) uit *S. bulbocastanum*. Allen behoren tot de zogenaamde NBS-LRR-klasse van R-genen. Dit zijn genen die een redelijke mate van homologie bezitten in bepaalde delen van het gen en wel de zogenaamde 'nucleotide binding site' (NBS) en een leucine-rijke repeat (LRR). Momenteel wordt gewerkt aan de klonering van additionele genen met complementaire resistentiespectra. Hiervoor worden de genetische posities van de te kloneren R-genen eerst nauwkeurig in kaart gebracht door het ontwikkelen van moleculaire merkers die genetisch sterk gekoppeld zijn aan de resistenties. Merkers die alleen in resistente planten voorkomen liggen vermoedelijk fysiek zeer dicht bij de R-genen en worden gebruikt om zgn. genomische BAC-banken van de resistente ouderplanten te screenen om zo delen van het aardappelgenoom te isoleren waarop de R-genen liggen. Van BAC-klonen die het genetische interval van een te kloneren R-gen overbruggen wordt de DNA-volgorde bepaald om kandidaat (NBS-LRR) -genen





*Figuur 3. Voorbeeld van een VIGS-experiment uitgevoerd in transgene Nicotiana benthamiana-planten die het R-gen Rpi-blb1 hebben. In het linkerblad is m.b.v. VIGS de expressie van Rpi-blb1 uitgeschakeld en is het blad in tegenstelling tot het rechterblad vatbaar geworden voor P. infestans.*

te identificeren. Vervolgens worden alle kandidaat-genen gesubkloneerd in een binaire vector en m.b.v. *Agrobacterium tumefaciens* getransformeerd naar een voor *Phytophthora* vatbaar aardappelras. Primaire transformanten die vervolgens resistent blijken tegen *Phytophthora* moeten dan getransformeerd zijn met een functioneel R-gen. Bovenstaande kloneringstrategie wordt ook wel de 'map-based' (kaartgestuurde) aanpak genoemd. Recent is op deze manier een derde gen uit *S. bulbocastanum* gekloneerd,

het *Rpi-blb3* gen op chromosoom 4.

Hoe meer R-genen er geïdentificeerd en gekloneerd worden, hoe groter de kans dat nieuwe R-genen op vergelijkbare posities in het genoom liggen. Door gebruik te maken van bestaande positie- en sequentie-informatie van reeds gekloneerde R-genfamilies kunnen nieuwe R-genen vaker via een 'allele mining' strategie op snelle en efficiënte wijze gekloneerd worden. Daarbij wordt met behulp van locus- en genspecifieke pri-

mers getracht alle kandidaat-genen in een bepaalde regio via PCR te vermeerderen. Het mengsel van vermeerderde genen wordt direct gekloneerd in een binaire vector tussen reeds geteste R-genspecifieke promoter- en terminatorsequenties en middels een transient expressiesysteem in *Nicotiana benthamiana* getest op functionaliteit. Via deze strategie is recent een drietal genen gekloneerd: *Rpi-abpt* op chromosoom 4 door gebruik te maken van sequentie-informatie van het *Rpi-blb3*-gen, en *Rpi-oka1* en *Rpi-nrs1* uit *S. okadae* en *S. neorossii* door gebruik te maken van *Tm2*-sequentie-informatie afkomstig van tomaat. Verwacht wordt dat vele van de *S. demissum*-genen op deze manier op korte termijn gekloneerd kunnen worden gezien de recente ontdekking dat acht van de elf beschreven *Phytophthora*-R-genen uit *S. demissum* op chromosoom 11 liggen en vermoedelijk allelen zijn van *R3a* (Huang, 2005).

### **Effector-receptor onderzoek**

Naast de R-genen in de plant zijn de zogenaamde 'effector'-genen uit *Phytophthora* bepalend voor de uitkomst van aardappel-*Phytophthora*-interacties. Tijdens de infectie scheidt *Phytophthora* honderden effectors uit in de plantencel die gebruikt worden om de infectie van de plant te bevorderen, bijvoorbeeld door afweerreacties van de plant te beïnvloeden, het metabolisme van de plant te manipuleren, of door celdood te remmen. Sommige effectors worden door R-eiwitten herkend/gesignaleerd wat leidt tot een afweerreactie die veelal gepaard gaat met een HR. Recent zijn vier oömyceet-AVR-genen gekloneerd: *AVR1b-1* uit *P. soyae*, *ATR13* en

ARTIKEL

*ATR1<sup>NalWsB</sup>* uit *Hyaloperonospora parasitica* en *AVR3a* uit *P. infestans* (voor een overzicht zie Kamoun 2006). Deze vier AVR-genen blijken te beschikken over een geconserveerd motief, een zogenaamd RXLR-DEER-motief. Voor de rest hebben ze geen herkenbare overeenkomsten. Uit de volledige DNA-sequenties van de twee *Phytophthora*-soorten *P. sojae* en *P. ramorum* blijken deze soorten >300 RXLR-houdende eiwitten te bevatten die vermoedelijk uitgescheiden worden in de plantencel (Kamoun, 2006). De recente voltooiing van de *P. infestans*-genoomsequentie laat zien dat dit bij *P. infestans* ook het geval is (Govers en Meijer, 2007, in deze Gewasbescherming). Gebruikmakend van deze kennis heeft het lab van Kamoun (Ohio State University, USA) circa achttienduizend unieke cDNA-fragmenten van *P. infestans* gescreend op aanwezigheid van het RXLR motief en een zogenaamd signaalpeptide, wat ervoor zorgt dat de eiwitten uitgescheiden worden. Genen met beide motieven zijn gekloneerd in een zogenaamde binaire PVX-expressievector waardoor het relatief eenvoudig is om via agro-infecties deze set van kandidaat-AVR-eiwitten één voor één zeer lokaal tot expressie te brengen in *Solanum*-planten die vermoedelijk R-genen bevatten (Vleeshouwers *et al.*, 2006). Als de plant reageert met een HR is dit een aanwijzing dat we te maken hebben met een R-AVR-interactie (Figuur 2). Via deze techniek zijn recentelijk nieuwe R-AVR-combinaties ontdekt. Ook zijn via 'allele mining'-experimenten zeer geconserveerde functionele *Rpi-blb1*-allelen met dezelfde specificiteit als *Rpi-blb1* geïdentificeerd in o.a. *S. stoloniferum* en *S. papita*, soorten die onverwant zijn aan *S. bulbocastanum*. Dit suggereert



Figuur 4. *Arabidopsis*-mutant die vatbaar is voor *P. infestans*.

dat *Rpi-blb1* is ontstaan voor de differentiatie van deze soorten. In vergelijking met *S. bulbocastanum*, zijn *S. stoloniferum* en *S. papita* veel makkelijker te kruisen met *S. tuberosum*. Dit maakt dat de *Rpi-blb1*-specificiteit toegankelijker is geworden voor de klassieke introgressieverdeling. Via dit type onderzoek krijgen we een beter inzicht in de allelische variatie en evolutie van R- en AVR-loci, de sleutel tot een duurzame inzet van R-genen tegen de aardappelziekte.

### Resistentiemechanismen

Als eenmaal het arsenaal aan R-genen in *Solanum* bekend is zullen de nieuwe R-genen op de een of andere manier beoordeeld en/of geclassificeerd moeten worden, liefst op basis van duurzaamheid-voorspellende parameters. Parameters die van belang kunnen zijn en waarop de genen geclassificeerd kunnen worden zijn: de wilde soort waaruit ze afkomstig zijn, hun genetische positie, de sequentie, het resistentiespectrum, de effectorherkenning en het werkingsme-

chanisme. Om inzicht te krijgen in het laatste wordt onderzoek gedaan naar de moleculaire werkingsmechanismen van verschillende resistentietypen. Histologisch onderzoek heeft uitgewezen dat bij zowel niet-waardplantresistentie als waardplantresistentie een HR optreedt, zij het op verschillende schaal. Om uit te zoeken in hoeverre daar verschillende moleculaire mechanismen bij betrokken zijn is via 'microarray'-analyses gekeken naar transcriptionele veranderingen in de plant gedurende de eerste 72 uren van verschillende (compatibele en incompatibele) interacties tussen *Solanum* en *P. infestans*. Daarvoor is een afweer-gerelateerde cDNA-microarray gegenereerd met ca. 4000 cDNA-fragmenten van aardappelgenen die enige homologie vertonen met genen die in andere ziekteverwekkende systemen geclassificeerd zijn als afweer-gerelateerd. Vergelijken zijn genexpressieprofielen in vier verschillende resistentie-achtergronden: *S. nigrum* (niet-waardplantresistentie), *S. microdontum* (partiële waardplantresistentie), en twee *S. tuberosum*-achtergronden met

*Rpi-blb1* of *R3a*. Grote, tijd-gerelateerde transcriptionele, veranderingen werden waargenomen zowel binnen als tussen de onderzochte resistentie-achtergronden. Om te onderzoeken in hoeverre dit sleutelgenen betreft van verschillende afweermechanismen, is een twintigtal genen geselecteerd voor verdere functionele analyses via transiënte overexpressie en uitschakeling (ook wel *silencing* genaamd en uitgevoerd met behulp van een virus; *virus induced gene silencing*, VIGS) -studies. Ook wordt m.b.v. VIGS de rol van een twintigtal bekende sleutel-afweergenen, zoals *NPR1*, *NDRI*, *EDS1*, *RARI*, *SGT1* en diverse transcriptiefactoren en kinases, bij afweer tegen *Phytophthora* onderzocht (Figuur 3). Deze proeven wijzen uit dat R-genen tegen *P. infestans* inderdaad verschillende werkingsmechanismen kunnen hanteren. Toekomstige proeven op een grotere set van R-genen moeten uitwijzen hoeveel verschillende werkingsmechanismen er te onderscheiden zijn en of het stapelen van R-genen onder andere op basis van een verschillend werkingsmechanisme resistentie kan verhogen en/of verduurzamen.

### **Niet-waardplantresistentie**

Niet-waardplantresistentie omvat meerdere lagen/niveaus van afweer. Enerzijds worden induceerbare afweerreacties geactiveerd door niet-variabele moleculen of effectors die geconserveerd zijn in hele klassen van ziekteverwekkers, zogenaamde 'pathogen associated molecular patterns' (PAMPS). PAMP-herkenning door specifieke receptoren in de plant leidt tot aanschakelen (activering) van diverse afweer-gerelateerde mechanismen. Ziekteverwekkers die

zich gespecialiseerd hebben op bepaalde plantensoorten en deze planten dus kunnen koloniseren, omzeilen deze resistentie door specifieke effectoren de plant in te spuiten die activering van de basale afweer blokkeren. Anderzijds spelen bestaande en/of induceerbare fysische en chemische barrières een rol. Recent zijn in de modelplant *Arabidopsis thaliana* een drietal zogenaamde penetratiemutanten geïdentificeerd (*pen1-3*) waarin de penetratiweerstand van de celwand verminderd is (Stein *et al.*, 2006). Diverse ziekteverwekkers die normaal gesproken de buitenste cellagen van een *Arabidopsis*-blad niet kunnen binnendringen kunnen dat bij deze mutanten wel. In geval van *pen2* en *pen3* is ook *P. infestans* beter in staat de buitenste cellagen van het blad binnen te dringen. Echter, eenmaal in de plantencel wordt *P. infestans* in deze mutanten alsnog tegengehouden door activering van een afweerreactie die gepaard gaat met een HR. Onbekend is uit hoeveel lagen de niet-waardplantresistentie in *Arabidopsis* tegen *P. infestans* is opgebouwd. Een antwoord hierop kan alleen gegeven worden door het genereren en karakteriseren van meer mutanten die gestoord zijn in hun afweer tegen *P. infestans*. Daarom zijn in een verzameling van ca. 10.000 *Arabidopsis*-mutanten die verspreid over het genoom verschillende deleties bevatten, mutanten opgespoord die een zeldzame vatbaarheid vertonen voor *P. infestans* (Figuur 4). Voor mutanten met de meest duidelijke vatbare fenotypen zijn F2-populaties ontwikkeld. Er wordt momenteel getracht bij twee mutanten de verantwoordelijke mutaties op te sporen via genetische kartering en *microarray*-hybridisatie-experimenten. Als eenmaal de verant-

woordelijke mutaties geïdentificeerd zijn worden de wildtype allelen van de gemuteerde genen via GM-technieken teruggezet in de mutant. Genen die op deze manier het vatbare fenotype opheffen zijn betrokken bij de resistentie tegen *P. infestans*. Introductie van dit soort genen in de gecultiveerde aardappel moet uitwijzen of dit type resistentie een aanvulling dan wel een alternatief kan zijn voor toekomstige duurzame Phytophthoraresistentie in aardappellassen.

### **Stapeling van R-genen en mengteelt**

Om de kans op aanpassing aan de R-genen (adaptatie en dus virulentieontwikkeling) in de *P. infestans*-pathogeenpopulatie te verlagen, kan men proberen om meerdere genen met verschillende functies (resistentie-cassette) te combineren in één ras. Hiermee streeft men naar 1) verhoging van het resistentieniveau, 2) een verbreding van het resistentiespectrum en 3) een verhoging van de duurzaamheid. Introgressie van R-genen via soortkruisingen, gevolgd door terugkruisingen en selectie, al dan niet m.b.v. moleculaire merkers, is in principe de gangbare weg maar kost veel tijd. In de praktijk is gebleken dat vanuit de betrokken wilde soorten de R-genen in voldoende mate overgedragen kunnen worden, maar dat de laatste stap om tot een raswaardig product te komen moeilijk is. Waarschijnlijk wordt dit veroorzaakt door gebrek aan recombinatie van ongewenste eigenschappen die mogelijk aan de resistentie gekoppeld zijn. De afhankelijkheid van recombinatie in terugkruisingen tijdens het veredelen van een ras is bij een GM-benaderingswijze afwezig. Hierbij worden de gewenste genen eerst



moleculair geïsoleerd waardoor ze worden bevrijd uit hun negatieve genetische context. Daarbij is het ook mogelijk gen-constructen te maken waarin gelijktijdig meerdere R-genen van verschillende herkomst gecombineerd worden. Deze genen kunnen ook gescheiden in verschillende klonen van hetzelfde ras gebracht worden en als mengras gebruikt worden. Het mengen van resistente rassen kan de epidemische verspreiding vertragen dan wel verhinderen op drie verschillende manieren: 1) de verschillende resistentiecomponenten in het mengsel vormen fysische barrières voor de verspreiding van inoculum, 2) het vermindert de vermeerdering van het pathogeen en daardoor de hoeveelheid inoculum in het veld, en 3) incompatibele 'gen-om-gen' interacties kunnen geïnduceerde resistenties tegen vervolginfecties met virulente stammen bewerkstelligen. Binnen het DuRPh-programma worden aardappellrassen via genetische modificatie voorzien van R-gencassettes met verschillende aantallen genen en combinaties van genen. Deze GM-rassen worden vervolgens gebruikt om het effect van R-genstapeling en mengrassen op de epidemiologie van *Phytophthora*-uitbraken in het veld te toetsen.

### Toekomstperspectief

Ondanks het feit dat genomics onze inzichten in de interactie tussen aardappel en *P. infestans* al aanzienlijk heeft vergroot, hebben we vermoedelijk nog maar een tipje van de sluier opgelicht. Met de recente voltooiing van de *P. infestans*-genoomsequentie is binnenkort het complete arsenaal aan effectors bekend en kan het onderzoek zich gaan richten op hoe de variatie in deze genen virulen-

tieontwikkeling beïnvloedt. Van groot belang daarbij is een efficiënte monitoring van virulentieontwikkeling gedurende het teeltseizoen en over meerdere jaren. CBSG-sequencing initiatieven gericht op de identificatie van R-gen-clusters, en het recent opgestarte 'Potato Genome Sequencing Consortium' (PGSC), beloven op korte termijn volledig inzicht te geven in de verdeling van R-gen-clusters in het aardappelgenoom. Dit zal de identificatie en klonering van nieuwe R-genen nog meer zal versnellen.

Het moge duidelijk zijn dat een slimme inzet en een goed management van R-genen de sleutel is tot een duurzame oplossing van het Phytophthoraprobleem. Naast de ontwikkeling van duurzaamheid-voorspellende parameters is een efficiënte introductie van deze genen van essentieel belang. Voorzien wordt dat efficiënte introductie van R-gencassettes met verschillende aantallen genen en combinaties van genen, slechts via GM-technieken mogelijk is, waarbij het concept *cisgenese* de maatschappelijke acceptatie van GM-aardappellrassen moet bevorderen (Jacobsen & Schouten, 2007). Daarbij worden alleen aardappeleigen-genen gebruikt die in principe ook via geëigende veredelings technieken geïntroduceerd kunnen worden, en zijn de gemodificeerde aardappelen ook vrij van merkers zoals antibioticum- of herbicide-resistentie. Dit moet niet alleen de acceptatiegraad aanmerkelijk verbeteren maar ook de monopoliepositie van de grote multinationals op het gebied van de toepassing van GM-technologie verkleinen.

### Referenties

- Ballvora, A., Ercolano, M.R., Weiss, J., Meksem, K., Bormann, C.A., Oberhagemann, P., Salamini, F. & Gebhardt, C., 2002. The R1 gene for potato resistance to late blight (*Phytophthora infestans*) belongs to the leucine zipper/NBS/LRR class of plant resistance genes. *The Plant Journal* 30, 361-371.
- Govers, F. & Meijer, H.J.G., 2007. *Phytophthora*-genomics: nieuwe mogelijkheden en uitdagingen. *Gewasbescherming* 38(5): 265-271.
- Huang, S., 2005. Discovery and characterization of the major late blight resistance complex in potato: genomic structure, functional diversity, and implications. Thesis Wageningen University.
- Huang, S., van der Vossen, E.A.G., Kuang, H., Vleeshouwers, V.G.A.A., Zhang, N., Borm, T.J.A., van Eck, H.J., Baker, B., Jacobsen, E. & Visser, R.G.F., 2005. Comparative genomics enabled the isolation of the *R3a* late blight resistance gene in potato. *The Plant Journal* 42, 251-261.
- Jacobsen, E. & Schouten, H.J., 2007. Cisgenesis strongly improves introgression breeding and induced translocation breeding of plants. *Trends in Biotechnology* 25, 219-223.
- Kamoun, S., 2006. A catalogue of the effector secretome of plant pathogenic oomycetes. *Annual Review of Phytopathology* 44, 1-20.
- Park, T.H., 2005. Identification, characterization and high-resolution mapping of resistance genes to *Phytophthora infestans*. Thesis.
- Stein, M., Dittgen, J., Sanchez-Rodriguez, C., Hou, B.H., Molina, A., Schulze-Lefert, P., Lipkam V. & Somerville, S., 2006. Arabidopsis PEN3/PDR8, an ATP binding cassette transporter, contributes to nonhost resistance to inappropriate pathogens that enter by direct penetration. *Plant Cell* 18, 731-746.
- van der Vossen, E., Sikkema, A., Hekkert, B.L., Gros, J., Stevens, P., Muskens, M., Wouters, D., Pereira, A., Stiekema, W. & Allefs, S., 2003. An ancient R gene from the wild potato species *Solanum bulbocastanum* confers broad-spectrum resistance to *Phytophthora infestans* in cultivated potato and tomato. *The Plant Journal* 36, 867-882.
- van der Vossen, E.A.G., Gros, J., Sikkema, A., Muskens, M., Wouters, D., Wolters, P., Pereira, A. & Allefs, S., 2005. The Rpi-blb2 gene from *Solanum bulbocastanum* is an Mi-1 gene homolog conferring broad-spectrum late blight resistance in potato. *The Plant Journal* 44, 208-222.
- Vleeshouwers, V.G.A.A., Driesprong, J.D., Kamphuis, L.G., Torto-Alalibo, T., van 't Slot, K.A.E., Govers, F., Visser, R.G.F., Jacobsen, E. & Kamoun, S., 2006. Agroinfection-based high throughput screening reveals specific recognition of INF elicitors in *Solanum*. *Molecular Plant Pathology* 7, 499-510.



# Phytophthora-genomics: nieuwe mogelijkheden en uitdagingen

Francine Govers en Harold J.G. Meijer

Laboratorium voor Fytopathologie, Wageningen Universiteit, Binnenhaven 5, 6709 PD Wageningen; e-mail: francine.govers@wur.nl

De laatste jaren is het onderzoek aan de ziekteverwekker *Phytophthora infestans* in een stroomversnelling geraakt. Dit is grotendeels te danken aan de stormachtige ontwikkelingen in genomics en de nieuwe inzichten die uit het genomonderzoek voortvloeien. De DNA-code van het genoom van *P. infestans* en van enkele verwante soorten is ontrafeld en via internet beschikbaar. We staan pas aan het begin van het ontginnen van een schat aan gegevens die in de genomsequentie verborgen ligt maar er zijn nu al verrassende vindingen gedaan die kunnen leiden tot nieuwe strategieën voor de bestrijding van de aardappelziekte. De moleculaire basis van de 'gen-omgen'-interactie tussen aardappel en *P. infestans* wordt steeds duidelijker en we kunnen, op basis van geconserveerde motieven in effectoreiwitten, genen aanwijzen die een rol spelen in gastheerspecificiteit. We kunnen nu bestaande theorieën gaan staven met experimentele bewijzen en voorspellingen doen over de duurzaamheid van resistentiegenen. We hebben genen gevonden die coderen voor eiwitten die niet voorkomen in andere organismen en daarom mogelijk interessante aangrijpingspunten zijn voor nieuwe *Phytophthora*-bestrijdingsmiddelen of een ingang bieden voor alternatieve vormen van bestrijding. Er is nu onomstotelijk bewijs dat *Phytophthora*, ondanks zijn schimmelachtig uiterlijk, niet tot het schimmelryk behoort maar groene voorouders heeft die over fotosynthetiserende organellen beschikken.

## Convergente evolutie

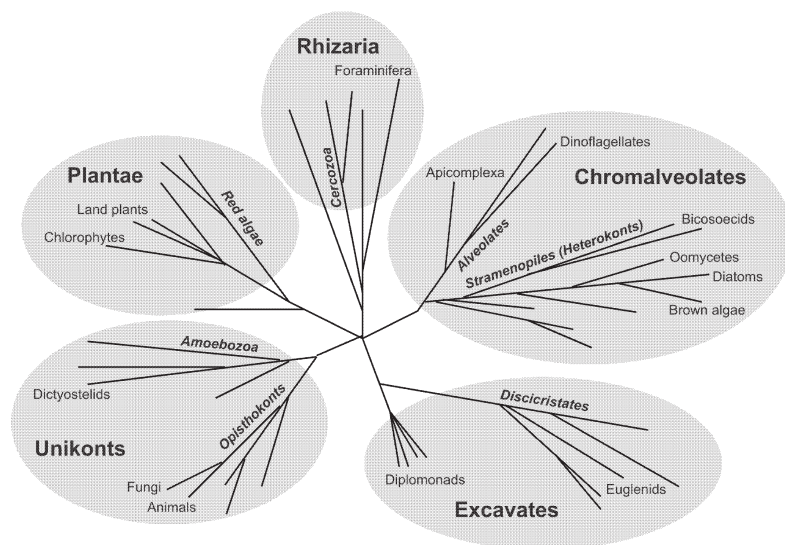
Het geslacht *Phytophthora*, met meer dan tachtig soorten, behoort tot de klasse der oömyceten, ook wel eischimmels genoemd (vanwege de eivormige geslachtelijke sporen) of waterschimmels (vanwege de zwemsporen) (Erwin & Ribeiro, 1996). Andere belangrijke plantpathogene oömyceten zijn *Pythium*- en *Aphanomyces*-soorten, en een aantal obligate biotrofen zoals valse meeldauw en witte roest. Daarnaast zijn er ook saprofytische oömyceten en oömyceten die pathogeen zijn op insecten, vissen, mens en dier, en zelfs op andere mi-

croben. Hoger in het classificatiesysteem worden oömyceten ingedeeld bij de Stramenopila of Heterokonten die dan weer samen met Alveolaten de supergroep Chromalveolaten vormen (Figuur 1). Dit is één van de vijf supergroepen waarin alle eukaryoten ondergebracht zijn (Keeling *et al.*, 2005). De laatste gemeenschappelijke voorouder van de Stramenopila kon fotosynthetiseren en beschikte over een plastide afkomstig van rode algen dat via secundaire endosymbiose was opgenomen. Oömyceten hebben dit plastide weer verloren maar bruine algen, waaronder kelp dat op stranden wordt aangetroffen,

hebben dit plastide nog steeds. *Phytophthora* beschikt over ruim 850 genen die getuigen van een fototrofisch verleden (Tyler *et al.*, 2006).

Andere belangrijke groepen van plantenpathogenen zijn ascomyceten en basidiomyceten. Deze schimmels behoren tot de supergroep Unikonten waartoe ook de mens behoort (Figuur 1). Schimmels en oömyceten vertonen duidelijke verschillen in fysiologie, biochemie en genetica maar qua groeimorfologie (mycelium) en reproductie (via sporen) lijken ze erg veel op elkaar. Ook hun arsenalen om planten te infecteren zijn zeer vergelijkbaar. Ze vormen vergelijkbare infectiestructuren zoals druklichaampjes (appressoria) en voedingslichaampjes (haustoria), beschikken over overlappende sets van celwandafbrekende enzymen, en bezetten dezelfde ecologische niche (Latijnhouwers *et al.*, 2003). Het feit dat de evolutie-oorsprong van de twee groepen verschillend is, wijst erop dat ze onafhankelijk van elkaar het vermogen hebben verworven om planten te infecteren en te koloniseren. Deze convergente evolutie heeft ongetwijfeld invloed gehad op de genoomsamenstelling van plantenpathogene oömyceten en schimmels. Zo zijn er aanwijzingen voor horizontale genoverdracht, bijvoorbeeld van genen die coderen voor het celwandafbrekende enzym glucanase (Richards *et al.*, 2006).

ARTIKEL



Figuur 1. Fylogeny van de eukaryoten gebaseerd op het overzichtartikel van Keeling et al., (2005) en overgenomen uit Govers & Gijzen (2006). De vijf gearceerde vlakken representeren de vijf supergroepen (vetgedrukt) met daarin alleen enkele representatieve subgroepen. De belangrijke aftakkingen staan cursief weergegeven. Schimmels behoren tot de supergroep Unikonts en oömyceten tot de supergroep Chromalveolates. Plantae, Rhizaria, Chromalveolates en Excavates vertegenwoordigen de bikonten.

### Genomics van ziekteverwekkers

Genomics is een wetenschappelijke discipline die begin jaren negentig van de vorige eeuw is ontstaan toen het ambitieuze 'humane genoom-project' (HGP) gelanceerd werd. Het HGP had tot doel de DNA-volgorde van het volledige menselijke genoom te bepalen en in het kielzog volgden vergelijkbare grootschalige genoomprojecten. In 2000 was voor het eerst de DNA-volgorde van een volledig plantengenoom bepaald, dat van *Arabidopsis thaliana* oftewel de zandraket. Deze modelplant heeft een genoomgrootte die slechts 4% bedraagt van die van de mens (125 miljoen versus 3 miljard basenparen). De volledige DNA-volgorde van de genomen van aardappel en tomaat, de belangrijkste waardplanten van *P. infestans*, zal binnen enkele jaren bekend zijn. Nu, in 2007, is genomics niet meer weg te denken in het biologisch

onderzoek en dat geldt zeker ook voor het fytopathologisch onderzoek. Op alle niveaus – van populatie en individu, tot cel en molecuul – en in de verschillende toepassingsgebieden – ecologie, populatie dynamica, diagnostiek, biologische bestrijding, pathogenese, fungicideresistentie – is de invloed van genomics merkbaar, en talloze post-genomics toepassingen zijn in ontwikkeling. In 2000 werd voor eerst de sequentie van een plantenpathogeen publiek gemaakt. Het betrof de gramnegatieve bacterie *Xylella fastidiosa* die onder andere de ziekte van Pierce in druiven veroorzaakt. In 2005 volgde de eerste genoomsequentie van een plantenpathogene schimmel: *Magnaporthe grisea*, een belangrijk pathogeen op rijst.

Het genomicsonderzoek aan *Phytophthora* heeft een voortvarende start gemaakt (samengevat in Govers & Gijzen, 2006). Al in 1999 en 2000 verschenen de eerste publicaties waarin

grootschalige sequentie analyses van ESTs ('expressed sequence tags') beschreven zijn. In 2004 werd de volledige DNA-volgorde van het genoom van twee *Phytophthora*-soorten bepaald. De directe aanleiding om geld vrij te maken voor dit genoomproject was de uitbraak van 'sudden oak death': de ziekte die het eikenbestand in Californie bedreigt en wordt veroorzaakt door een nieuwe soort, *Phytophthora ramorum*. Het is heel uitzonderlijk dat zo kort na de beschrijving van een nieuwe soort een kostbaar genoomproject uitgevoerd wordt. De reden hiervoor was de enorme emotie die gepaard gaat met het zien wegglijnen van de majestueuze eiken aan de Amerikaanse westkust en het onvermogen van de mens om de ziekteverwekker een halt toe roepen. Elke strohalm wordt aangegrepen en zo kwam er ook geld vrij voor een genoomproject dat mede gefinancierd werd uit liefdadigheidsfondsen. *Phytophthora*-onderzoekers hadden echter hun twijfels over de zin van het sequensen van een enkel genoom van een relatief onbekende soort met een korte onderzoekshistorie. Daarom werd, als compromis, een tweede *Phytophthora*-soort meegenomen, *P. sojae*. Deze soort is sinds de jaren 50 bekend als de veroorzaker van wortel- en stengelrot van soja-boon en is, net als *P. infestans*, een pathogeen dat wereldwijd grote schade toebrengt aan voedsel en voedingsgewassen. Vanwege hun belangrijke economische impact zijn *P. sojae* en *P. infestans* al jarenlang onderwerp van studie en zijn er voor deze soorten moleculaire onderzoeksmethoden ontwikkeld zoals, bijvoorbeeld, DNA-transformatie, het gericht inactiveren van bepaalde genen met behulp van 'gen-silencing', en positionele klonering van

genen op basis van genetische koppeling met DNA-merkers.

### Genmodellen en genomgroottes

Het sequencen van een tweede *Phytophthora*-soort, parallel aan *P. ramorum*, bleek al snel een enorme toegevoegde waarde te hebben. In ieder organisme dat gesequenced is, worden DNA-volgordes aange troffen waarvan men vermoedt dat het een gen is op basis van het voorkomen van een open leesraam. Als er echter nog geen homologen van dit gen in andere organismen gevonden zijn, en de DNA of eiwitvolgorde dus nog niet in databases zit, blijft het twijfelachtig of het daadwerkelijk een gen is. Wordt nu in twee *Phytophthora*-soorten hetzelfde onbekende, potentiële gen aangetroffen dat bovendien in de beide soorten op een vergelijkbare positie ligt, dan is de kans groot dat het een functioneel gen is. *P. sojae* heeft een genomgrootte van 95 megabasen (Mb) en automatische annotatie voorspelde 19.027 genen, ook wel genmodellen genoemd. *P. ramorum* heeft een kleiner genoom, 65 Mb, waarop 15.743 genmodellen liggen (Tabel 1). Van deze 15.743 komen er 9.768 ook voor in *P. sojae*; dit zijn zogenaamde orthologen met waarschijnlijk eenzelfde functie. Een groot deel hiervan is verantwoordelijk voor het reguliere celmetabolisme, zoals glycolyse, energiehuishouding, celdeling en celstructuur. Ruim 1500 van de orthologen lijken specifiek te zijn voor *Phytophthora*. Ze zijn tot nu toe niet gevonden in andere organismen en komen ook niet voor in het kiezeldiertje *Thalassiosira pseudonana*, de meest naaste verwant van oömyceten die tot op heden gesequenced is. *P. infestans* heeft een aanzien-

lijk groter genoom dan andere *Phytophthora*-soorten; 240 Mb. Het aantal voorspelde genmodellen is weliswaar iets hoger (22.658) maar de belangrijkste oorzaak van het verschil in genomgrootte tussen soorten is de variatie in grootte van gebieden tussen de genen, de zogenaamde intergene regio's. Gebieden met geconserveerde syntenie – dat zijn gebieden waar ligging, oriëntatie en organisatie van genen vergelijkbaar zijn – zijn in *P. infestans* vaak veel uitgestrekter dan in *P. sojae* of *P. ramorum* (Jiang *et al.*, 2006; Meijer *et al.*, 2005) (zie ook Figuur 2 in het artikel van Jiang in deze uitgave, pagina 275). Ook komen er in *Phytophthora* veel transposons voor, stukken DNA die zich binnen het genoom kunnen verplaatsen, en repeterend DNA waarvan we op dit moment de functie niet kennen. Het *P. infestans*-genoom bestaat voor 75% uit repeterende en transposon-achtige sequenties en dit is meer dan in de andere twee soorten. Ook varieert de transposon-samenstelling tussen soorten en sommige transposons zijn zelfs soortspecifiek. Daarnaast verschillen de soorten in grootte van genfamilies. In Figuur 2 op pagina 275 in deze Gewasbescherming is bijvoorbeeld te zien dat er op een bepaalde locatie meer cutinase-genen in *P. sojae* zitten dan in *P. ramorum* (Jiang, 2007).

Anno 2007 is van vier *Phytophthora*-soorten en van een valse meeldauwsoort het genoom gesequenced (Tabel 1). In vergelijking met andere plantenpathogenen zijn de genomen van *Phytophthora* groot. Bacteriegenomen zijn vaak niet groter dan 10 Mb en bevatten nauwelijks repeterend DNA. Het genoom van de eerder genoemde *Xylella fastidiosa* is slechts 2,7 Mb, die van *Agrobacterium*, *Xanthomonas* en *Pseu-*

*domonas* schommelen rond de 5-6 Mb. Schimmelgenomen zijn groter maar overschrijden zelden 40 Mb.

### Van DNA en genmodel naar biologie

Pathogene organismen scheiden vaak een groot aantal verschillende eiwitten uit waarmee ze de plant belagen. Dit kunnen enzymen zijn die celwanden aantasten of toxines die de waardplantcellen doden. Biotrofe pathogenen produceren vaak ook eiwitten die natuurlijke afweerreacties van de waardplant onderdrukken. Daarmee creëren ze een niche waarin ze ongestoord kunnen groeien en sporuleren. Tabel 2 geeft een overzicht van potentiële infectie-gerelateerde genen in *Phytophthora* zoals deze door Tyler *et al.*, (2006) in *P. sojae* en *P. ramorum* gevonden zijn. *P. infestans* beschikt over een vergelijkbaar arsenaal aan infectie-gerelateerde genen (niet gepubliceerde resultaten) maar in de nauw verwante autotrofe diatoom *T. pseudonana* zijn veel van deze genen afwezig (Tabel 2). Een groot deel van de infectie-gerelateerde genen komt in beide *Phytophthora*-soorten voor (orthologen) maar daarnaast bestaan er binnen gen-families ook soortspecifieke genen. Een voorbeeld is de NPP-familie van NEP1-achtige eiwitten die ook in schimmels en bacteriën voorkomen. Plantenpathogene schimmels hebben hooguit twee NPP-genen maar *P. sojae* heeft er 29 en *P. ramorum* zelfs 40, en slechts zeven hiervan zijn orthologen. Er bestaan ook genen die nog helemaal niet in een andere soort zijn aangetroffen zoals de *PsHPPex*-familie in *P. sojae* die codeert voor gesecreteerde histidine- en proline-rijke eiwitten. Deze familie

ARTIKEL



**Tabel 1.** Overzicht van oömyceten waarvan de DNA-volgorde van het genoom bepaald is<sup>a</sup>.

Soort	Genoom-grootte (Mb)	Gen-modellen	RxLR-dEER-effectors	Sequentie-bepaling door <sup>b</sup>	URL <sup>c</sup>
<i>Phytophthora sojae</i>	95	19027	370	JGI	<a href="http://genome.jgi-psf.org/Physo1_1/Physo1_1.home.html">genome.jgi-psf.org/Physo1_1/Physo1_1.home.html</a>
<i>Phytophthora ramorum</i>	65	15743	350	JGI	<a href="http://genome.jgi-psf.org/Phyra1_1/Phyra1_1.home.html">genome.jgi-psf.org/Phyra1_1/Phyra1_1.home.html</a>
<i>Phytophthora infestans</i>	240	22658	587	BI	<a href="http://www.broad.mit.edu/annotation/genome/Phytophthora_infestans">www.broad.mit.edu/annotation/genome/Phytophthora_infestans</a>
<i>Phytophthora capsici</i>	65	N.D.	N.D.	JGI	is eind 2007 beschikbaar
<i>Hyaloperonospora parasitica</i>	75	N.D.	200	WUGSC	toegankelijk via <i>Phytophthora.vbi.vt.edu/</i>

<sup>a</sup> Status juli 2007.

<sup>b</sup> JGI, Joint Genome Institute; BI, Broad Institute; WUGSC - Washington University, Genome Sequencing Center.

<sup>c</sup> Zie ook de 'oomycete community web-site' ([pmgn.vbi.vt.edu/](http://pmgn.vbi.vt.edu/)) voor activiteiten op het gebied van genomics van oömyceten.  
N.D.: niet geanalyseerd.

komt niet in *P. ramorum* voor noch in *P. infestans*, *P. capsici* en *H. parasitica* (zie Figuur 2 op pagina 275 in deze Gewasbescherming) (Jiang *et al.*, 2006).

### Avirulentiefactoren en RxLR-dEER-effectoren

Een belangrijke doorbraak in het eerste *Phytophthora*-genoomproject was de ontdekking van het RxLR-dEER-motief. In 2004 en 2005 verschenen de eerste publicaties over de clonering van avirulentiegenen (*Avr*) van oömyceten die volgens het 'gen-om-gen'-model interacteren met resistentiegenen (*R*) in de plant, te weten *Avr1b-1* van *P. sojae*, *ATR13* en *ATR1<sup>NdWs</sup>* van de valse meeldauw *Hyaloperonospora parasitica*, en *Avr3a* van *P. infestans* (Birch *et al.*, 2006). Het speuren in de *P. sojae*-genoomsequentie naar genmodellen die gelijkenis vertoonden met *P. sojae-Avr1b-1*, en vergelijking van deze genmodellen met de drie andere beschikbare *Avr*-genen leidde tot de ontdekking van een geconserveerd motief dat in al deze eiwitten op een

vergelijkbare plaats voorkomt, net voorbij het signaalpeptide dat zorgt voor secretie van deze eiwitten. Het potentiële belang van het RxLR-dEER-motief werd onmiddellijk onderkend en nu, drie jaar later, is er voldoende bewijs dat eiwitten die dit motief bevatten zeer belangrijke *Phytophthora*-effectoren zijn (Birch *et al.*, 2006). Het RxLR-dEER motief is tot nu toe alleen gevonden in oömyceten maar het vertoont een opmerkelijke gelijkenis met het PEXEL motief (RxLxE/Q) dat in eiwitten van de malariaparasiet *Plasmodium* voorkomt. *Plasmodium*-eiwitten die over een PEXEL motief beschikken worden getransporteerd naar het cytoplasma van de gastheercel om daar als effector te fungeren. Er zijn nu sterke aanwijzingen dat het RxLR-dEER motief een vergelijkbare functie heeft. De *Avr*-factoren worden naar het cytoplasma van de plantencellen getransporteerd waar, in aanwezigheid van het corresponderende intracellulaire R-eiwit, herkenning plaatsvindt en resistentie optreedt. In afwezigheid van het R-eiwit fungeert de RxLR-

dEER effector waarschijnlijk als een virulentiefactor die bijdraagt aan het bewerkstelligen van een compatibele interactie. Uit genoomanalyses blijkt dat de RxLR-dEER-families enorm groot zijn (Tabel 1). In *P. infestans* komen maar liefst 587 RxLR-dEER-effectoren voor. Afgezien van een signaalpeptide en het RxLR-dEER-motief zijn deze eiwitten zeer divers. Waarschijnlijk heeft er na de soortsvorming een uitgebreide expansie van deze familie plaatsgevonden. Zo zijn er honderden soortspecifieke RxLR-dEER-genen ontstaan die zich verspreid hebben over het genoom en waarvan de positie gemarkeerd wordt door breukpunten in de geconserveerde syntenie (zie Figuur 2 op pagina 275 in deze Gewasbescherming) (Jiang *et al.*, 2006).

Van een aantal RxLR-dEER-effectoren waarvan bekend is dat ze fungeren als *Avr*-factor in een 'gen-om-gen'-relatie is de diversiteit in de *P. infestans*-populatie onderzocht. Puntmutaties en 'frameshift'-mutaties resulterend in een gemuteerd of afgebroken RxLR-dEER-eiwit zijn



**Tabel 2.** Infectie-gerelateerde genen in *Phytophthora sojae* en *Phytophthora ramorum*, het aantal orthologen in de twee soorten en het aantal homologen in de diatoom *Thalassiosira pseudonana*. Gebaseerd op gegevens in Tyler *et al.* (2006).

Genproduct	Aantal genen			
	<i>P. sojae</i>	<i>P. ramorum</i>	Orthologen	Diatoom
Hydrolases				
Proteases – totaal	282	311	221	314
- extracellulair	47	48	38	8
- serineproteases	119	127	86	123
- metalloproteases	71	86	62	84
- cysteineproteases	67	74	52	63
Glycosylhydrolases	125	114	54	n.b.
- uitgescheiden	56	37	23	n.b.
Pectinases				
- pectine-esterases	19	15	n.b.	0
- pectaatlyases	43	41	n.b.	0
Cutinases	16	4	1	0
Chitinases	5	2	2	49
Lipases	171	154	n.b.	n.b.
Fosfolipases	>50	>50	n.b.	23
- Fosfolipase C (PLC)	0	0	0	3
- Fosfolipase D (PLD)	18	18	18	3
Proteaseremmers - totaal	22	19	13	9
Kazal-type	15	12	8	2
Cystatin-type	4	4	4	0
Eiwit-toxines				
NPP-familie <sup>a</sup>	29	40	7	0
PcF-familie <sup>a</sup>	19	4	0	0
Crn-familie <sup>a</sup>	40	8	2	0
Secundaire metabolieten-biosynthese				
Nonribosomale eiwit-synthetases	4	4	4	16
Polyketide-synthases	0	0	0	0
Cytochroom-P450's	30	24	21	10
ABC-transporters	134	135	105	63
Effectors				
Elicitines	18	17	13	0
Elicitine-achtige	39	31	22	0
RxLR-dEER-familie	350 <sup>b</sup>	350	21	0

<sup>a</sup> NPP, PcF en Crn zijn eiwitten die necrose induceren in planten.

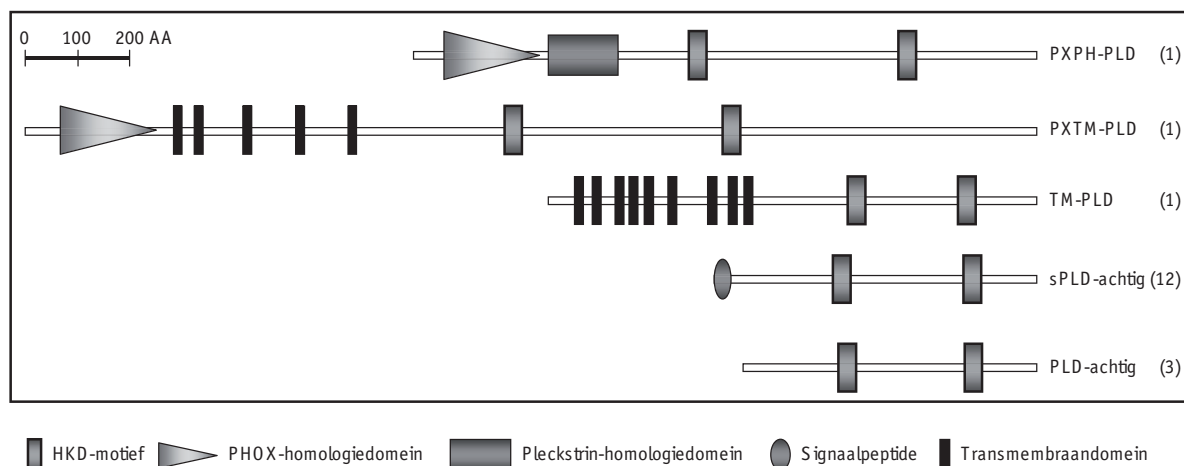
<sup>b</sup> Dit getal is lager dan vermeld in Tabel 1; de gegevens in Tabel 1 zijn gebaseerd op een meer nauwkeurige analyse.  
n.b.: niet bepaald.

veelal de oorzaak van verlies van resistentie. Duurzaamheid van een *R*-gen wordt bepaald door de toegestane flexibiliteit in een RxLR-dEER-effector. Als de effector absoluut noodzakelijk is voor het pathogeen om te overleven dan zal het gen niet snel muteren en zal het corresponderende *R*-gen langer weerstand bieden tegen infectie. Momenteel worden *P. infestans*-RxLR-dEER-effectoren gebruikt

als een belangrijk hulpmiddel om nieuwe *R*-genen in wilde *Solanum*-soorten op te sporen (zie van der Vossen *et al.*, 2007 in deze Gewasbescherming). Wij onderzoeken de diversiteit van de betreffende RxLR-dEER-effectoren in de Nederlandse *P. infestans*-populatie en hopen zo de duurzaamheid van nieuwe *R*-genen beter te kunnen voorspellen.

### Wat maakt *Phytophthora uniek*?

Veel mycologische en fytopathologische leerboeken geven opsommingen van de eigenschappen waarin oömyceten zich onderscheiden van echte schimmels. De zwemspore is een dergelijke eigenschap, maar ook sterol-auxotrofie en cellulose als belangrijkste celwandcomponent prijken



**Figuur 2.** Domein-organisatie en samenstelling van fosfolipase D (PLD)-eiwitten in *Phytophthora* volgens Meijer & Govers (2006). De twee HKD-motieven vormen samen het katalytische domein. Het aantal leden per sub-familie staat tussen haken. Alleen PXPB-PLD is aanwezig in andere eukaryoten. De andere vier PLD-sub-families zijn nieuw en uniek.

hoog op de lijst. De gen-annotatie bevestigde dat *Phytophthora* genen mist die schimmels wel hebben zoals genen die coderen voor specifieke cytochroom-P450-enzymen noodzakelijk voor sterolbiosynthese, of voor polyketide-synthases die bepaalde secundaire metabolieten maken (Tyler *et al.*, 2006). Er zijn echter ook overeenkomsten met echte schimmels, zoals verschillende klassen van hydrolytische enzymen die in beide groepen voorkomen. Toch vertoont slechts 21% van de *Phytophthora*-genmodellen overeenkomsten met bekende eiwitten. Daarnaast heeft 56% overeenkomsten met bekende eiwitmotieven. De resterende 23% is nieuw en tot nu toe niet gevonden in enige andere soort. Het merendeel hiervan zijn orthologen die in meerdere *Phytophthora*-soorten voorkomen. Deze nieuwe genen zijn intrigerend; zijn dit kandidaten die kunnen fungeren als nieuwe 'targets' voor bestrijding van *Phytophthora*?

Wij onderzochten genen in *Phytophthora* die een rol spelen in fosfolipiden-signalering, één van de vele universele biochemische routes in eukaryoten

(Meijer & Govers, 2006). De 58 genmodellen die we vonden in *P. sojae* en *P. ramorum* zijn sterk geconserveerd in de andere drie oömyceten waarvan de genomsequentie nu bekend is, maar slechts een aantal van deze genmodellen komt voor in andere eukaryoten. Soms is de enzymatische functie van de gecodeerde eiwitten evident. In andere gevallen is de combinatie van structurele en regulatorische domeinen slechts een eerste hint dat de enzymen bij fosfolipide-signalering betrokken zijn. Ze zouden ook andere substraten kunnen hebben waarvan we het bestaan nog niet kennen. Het is opmerkelijk dat verschillende van de enzymen transmembraandomeinen bevatten. Zo is er een familie van twaalf leden waarin een karakteristieke G-eiwit-gekoppelde receptor (GPCR) met een transmembraandomein gefuseerd is aan een fosfatidylinositol-fosfaatkinase (PIPK)-domein. Dit is een nieuw eiwit waarvan slechts één homolog bekend is buiten *Phytophthora*. Dat is RpkA in de slijmschimmel *Dictyostelium discoideum*, een 'GPCR-PIPK' dat essentieel is voor het monitoren van celdichtheid (Bakthavatsalam

*et al.*, 2006). Ook werden twee nieuwe eiwitten gevonden met een fosfolipase D (PLD)-katalytisch domein in combinatie met een transmembraandomein (Figuur 2). Deze vindingen voeden de gedachte dat *Phytophthora* beschikt over uitzonderlijke mechanismes om externe stimuli te monitoren.

*Phytophthora* beschikt overigens over een opmerkelijke collectie aan PLD-enzymen, veel meer dan andere eukaryoten die slechts een of, in het geval van planten, twee typen PLDs hebben. Behalve de twee eerder genoemde PLDs werden er nog twee unieke PLDs gevonden (Figuur 2). Voor één van deze unieke types (sPLD) heeft *Phytophthora* maar liefst 12 genen en deze coderen allen voor een eiwit met een signaalpeptide dat ervoor zorgt dat dit PLD-enzym door *Phytophthora* gesecreteerd wordt. Mogelijk spelen deze PLDs een rol bij de afbraak van plantenmembranen en dragen zodoende bij aan het infectieproces. Verassend genoeg ontbreekt in *Phytophthora* een fosfolipase C (PLC)-gen. Elke eukaryoot waarvan de genomsequentie bekend is heeft een PLC-gen en het is de grote

vraag hoe *Phytophthora* zonder PLC de fosfolipide-signalering bewerkstelligt.

Dit is slechts één van de vele vragen die opdoemen bij het ontginnen van een nieuwe genomsequentie. Tegelijkertijd zijn het de verrassende vindingen van unieke eigenschappen die een ingang bieden om de zwakke punten in de levenscyclus van *P. infestans* bloot te leggen. Zo kunnen we op een rationele manier nieuwe aan-grijpingspunten voor bestrijding aanwijzen en toetsen op effectiviteit.

Met dank aan het Parapluplan *Phytophthora*, het Centre for BioSystems Genomics (CBSG) en EU-BioExploit voor cofinanciering van het *Phytophthora*-onderzoek op het Laboratorium voor Fytopathologie, Wageningen Universiteit.

## Literatuur

Bakthavatsalam, D., Meijer, H.J.G., Noegel,

- A.A. & Govers, F. 2006. Novel phosphatidylinositol phosphate kinases with a G-protein coupled receptor signature are shared by *Dictyostelium* and *Phytophthora*. *Trends in Microbiology* 14, 378-382.
- Birch, P.R.J., Rehmany, A.P., Pritchard, L., Kamoun, S. & Beynon, J.L., 2006. Trafficking arms: oomycete effectors enter host plant cells. *Trends in Microbiology* 14, 8-11.
- Erwin, D.C. & Ribeiro, O.K., 1996. *Phytophthora* diseases worldwide. American Phytopathological Society St. Paul, MN, USA.
- Govers, F. & Gijzen, M., 2006. *Phytophthora* genomics: the plant destroyers' genome decoded. *Molecular Plant-Microbe Interactions* 19, 1295-1301
- Jiang, R.H.Y., 2007. Voetsporen van evolutie: de dynamiek van effectorgen in het *Phytophthora*-genoom. *Gewasbescherming* 38 (5): 273-275.
- Jiang, R.H.Y., Tyler, B. M. & Govers, F., 2006. Comparative analysis of *Phytophthora* genes encoding secreted proteins reveals conserved synteny and lineage specific gene duplications and deletions. *Molecular Plant-Microbe Interactions* 19, 1311-1321.
- Keeling, P.J., Burger, G., Durnford, D.G., Lang, B.F., Lee, R.W., Pearlman, R.E., Roger, A.J. & Gray, M.W., 2005. The tree of eukaryotes. *Trends in Ecology & Evolution* 20, 670-676.
- Latijnhouwers, M., de Wit, P.J.G.M. & Govers, F., 2003. Oomycetes and fungi: similar weaponry to attack plants. *Trends in Microbiology* 11, 462-469.
- Meijer, H.J.G., Govers, F. & Jiang, R.H.Y., 2005. Alle genen van *Phytophthora* op een rij: verschillen, overeenkomsten en gastheerspecificiteit. *Gewasbescherming* 36, 271.
- Meijer, H. J. G., & Govers, F., 2006. Genome wide analysis of phospholipid signalling genes in *Phytophthora* spp.: novelties and a missing link. *Molecular Plant-Microbe Interactions* 19, 1337-1347.
- Richards, T.A., Dacks, J.B., Jenkinson, J.M., Thornton, C.R. & Talbot, N.J., 2006. Evolution of filamentous plant pathogens: gene exchange across eukaryotic kingdoms. *Current Biology* 16, 1857-1864.
- Tyler, B.M., Tripathy, S., Zhang, X., Dehal, P., Jiang, R.H.Y., Aerts, A., Arredondo, E., Baxter, L., Bensasson, D., Beynon, J.L., Damasceno, C.M.B., Dickerman, A., Dorrance, A.E., Dou, D., Dubchak, I., Garbelotto, M., Gijzen, M., Gordon, S., Govers, F., Grunwald, N.J., Huang, W., Ivors, K., Jones, R.W., Kamoun, S., Krampis, K., Lamour, K., Lee, M.-K., McDonald, W.H., Medina, M., Meijer, H.J.G., Nordberg, E., Maclean, D.J., Ospina-Giraldo, M.D., Morris, P.F., Phuntumart, V., Putnam, N., Rash, S., Rose, J.K.C., Sakihama, Y., Salamov, A., Savidor, A., Scheuring, C., Smith, B., Sobral, B.W.S., Terry, A., Torto-Alalibo, T., Win, J., Xu, Z., Zhang, H., Grigoriev, I., Rokhsar, D. & Boore, J., 2006. *Phytophthora* genome sequences uncover evolutionary origins and mechanisms of pathogenesis. *Science* 313, 1261-1266.
- Van der Vossen E., Hutten, R.C.B., Vleeshouwers V.G.A.A., Jacobsen, E.J. & Visser, R.G.F., 2007. Ontwikkeling van een duurzame *Phytophthora*-resistentiestrategie in aardappel, *Gewasbescherming* 38 (5): 257-264.



Figuur 3: Bespuiting tegen *Phytophthora* in een proefveld.

# Phytophthora

Paul van Halteren; e-mail: p.van.halteren@planet.nl

Zaterdagmorgen. Een e-mailtje van de hoofdredacteur. Met excuus! Maandag of dinsdag moet het themanummer over Phytophthora naar de drukker. Of ik nog even een column over de aardappelziekte kan maken! Ik weet niet hoe Hoogland, Abrahams, van 't Hek en al die anderen tot hun dagelijkse of wekelijkse column komen, maar bij mijzelf weet ik het wel! Er komt een idee, schrijf dan een aantal steekwoorden op en typ vervolgens het eerste concept. Dat blijft een paar weken of maanden liggen. Af en toe lees ik het weer eens, verbeter spelfouten, verander woorden, vul wat aan, en na een paar maanden 'gelegen' te hebben, vind ik het soms goed genoeg om naar de redactie te sturen. Het kost dus tijd.

Voor een verzoek op korte termijn een column te schrijven heb ik dus wel wat liggen. Maar over zoiets specifiek als *Phytophthora infestans*! Alsof daar veel leuks over te schrijven valt! Goed, wij hebben die hilarische toestanden met de afvalhopen gehad in de polders twintig jaar geleden. Gewone boeren beschuldigden de biologische boeren en de afvalhopen van het verspreiden van grote

hoeveelheden inoculum, met als gevolg nog meer aardappelziekte dan normaal. Grote ruzies. Er moesten maatregelen komen en die kwamen er. Hoewel mijn sympathie niet bij de sloddervossen lag, heb ik er nooit veel van geloofd. Ik heb altijd gedacht, en denk nog steeds, dat de weersomstandigheden, vochtigheid en regen veel belangrijker zijn dan de hoeveelheid inoculum dat van ergens verspreid wordt. Of er veel of weinig sporen door de lucht waaien doet er vast niet veel toe.

Enige jaren later probeerde ik het systeem van Good Plant Protection Practices (GPP) in Europa van de grond te krijgen. Ik maakte een aantal voorbeelden in een zelfbedacht model. In het daarvoor bestemde panel van EPPO werden deze voorbeelden besproken. Die van Phytophthora in aardappel was een waar discussiestuk met onder andere vijf of acht fungicidebespuitingen per seizoen en de voor het doel toegelaten middelen. Maar daar namen de Engelsen en Ieren geen genoegen mee. Het aantal moest opgevoerd worden tot tien of twintig bespuitingen! Dat vonden de Mediterraneanen

helemaal geen goed idee. Hoe kon je dat in hemelsnaam nog goede plantenziektkundige praktijk noemen? Dan kon je maar beter helemaal geen aardappels verbouwen. Wat tot ergernis bij de Noordwestelijken leidde. Die haalden hun gram dan weer bij de richtlijnen voor citrus en andere Mediterrane gewassen. Even terzijde: wist u dat de Noren in Tromsø, boven de poolcirkel, proeven doen met aardappelen onder glas, en dat ze daar ook last hebben van Phytophthora? Maar de toen aanwezige Noor hield zich rustig.

Een EU-discussie op een zeer specialistisch niveau. Overal en steeds zijn er in Europa zulke discussies. Het lijkt vaak te gaan over het halfvolle of het halflege glas, maar ze moeten gevoerd worden. Ik vond en vind het buitengewoon beschamend dat Nederland de stroomlijning van de Europese regelgeving in een referendum heeft afgewezen, met vooral oneigenlijke argumenten. Maar ook dat hoort erbij. Net als de discussie over de vraag of vijf, tien of twintig bespuitingen tegen de aardappelziekte een goede plantenziektkundige praktijk genoemd zou kunnen worden.

COLUMN



# Voetsporen van evolutie: de dynamiek van effectorgenen in het *Phytophthora*-genoom

Rays H.Y. Jiang

Op 29 maart 2006 promoveerde Rays H.Y. Jiang aan de Wageningen Universiteit op een proefschrift getiteld 'Footprints of evolution: the dynamics of effector genes in the *Phytophthora* genome'. Promotor was Prof.dr.ir. P.J.G.M. de Wit, hoogleraar Fytopathologie, en co-promotor was Dr.ir. F. Govers, beiden verbonden aan de leerstoelgroep Fytopathologie van Wageningen Universiteit. Het onderzoek, dat plaatsvond bij bovengenoemde leerstoelgroep, werd financieel ondersteund door de Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek (NWO) in het kader van een Aspasia-subsidie toegekend aan Dr. F. Govers. De volledige tekst van het proefschrift is als pdf file beschikbaar op de digitale bibliotheek van Wageningen Universiteit (<http://library.wur.nl/wda/dissertations/dis3925.pdf>).

## Inleiding

Het geslacht *Phytophthora* omvat meer dan 65 verwoestende plantenpathogene soorten die ernstige schade toebrengen aan landbouwgewassen en aan planten, struiken en bomen in de natuur. Economisch belangrijke pathogenen zijn onder andere *P. infestans*, de veroorzaker van de aardappelziekte, en *P. sojae*, die wortel- en stengelrot op sojaboon veroorzaakt. Een onlangs ontdekte soort, *P. ramorum*, is verantwoordelijk voor het Sudden Oak Death-syndroom en verwoest eikenbomen langs de westkust van de Verenigde Staten. *Phytophthora* behoort tot de oömyceten die, samen met plantenpathogene schimmels, de belangrijkste groep plantpathogenen vormen. Morfologisch gezien lijken oömyceten en schimmels op elkaar maar ze behoren tot verschillende rijken, respectievelijk de Stramenopila en de

Fungi. Convergente evolutie heeft ertoe geleid dat oömyceten en schimmels een vergelijkbaar wapenarsenaal hebben dat nodig is om planten aan te vallen.

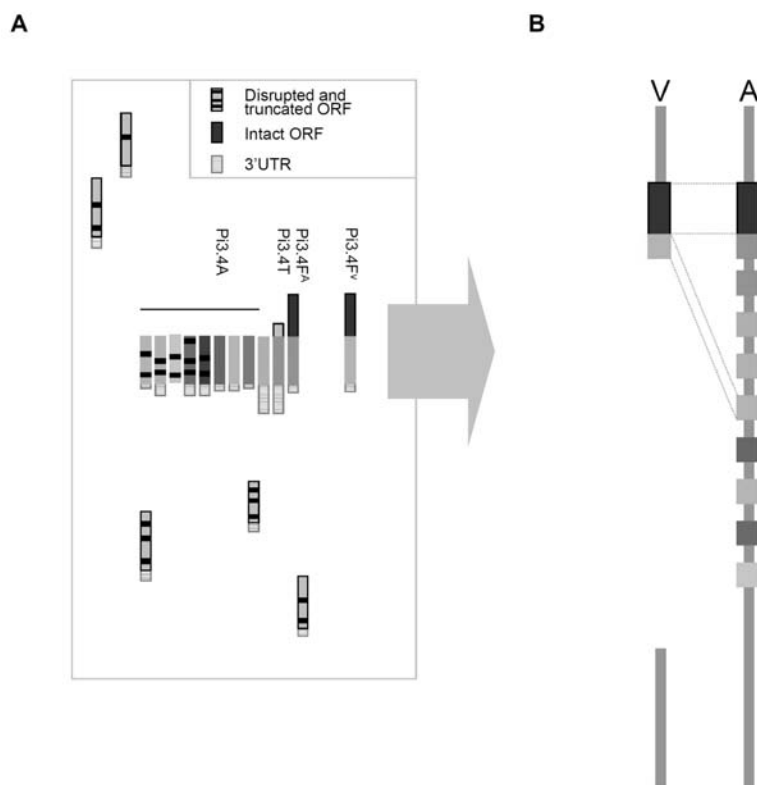
*Phytophthora* scheidt een breed spectrum aan moleculen uit in de plant-apoplast, waarschijnlijk om infectie te bevorderen. Deze moleculen, waarvan verondersteld wordt dat ze een rol spelen bij virulentie of pathogeniteit, worden virulentiefactoren of effectors genoemd. Ondanks hun intrinsieke virulentiefuncties kunnen effectors ook verantwoordelijk zijn voor het mislukken van een infectie, namelijk als planten de effectors herkennen en vervolgens verdedigingsreacties initiëren. Effectors die verdedigingsreacties bij planten veroorzaken worden avirulentiefactoren of elicitors genoemd. Dit proefschrift beschrijft de drastische genoomherschikkingen in een avirulentielocus in *P. infestans*,

de karakterisering van het reservoir van effectorgenen in de genomen van *P. sojae* en *P. ramorum* en evolutionaire patronen in effectorgenen.

## Een avirulentie-locus met diverse modules van een geëmplificeerd gen

De interactie tussen aardappel en *P. infestans* verloopt volgens het gen-om-gen-model. Als een eerste stap naar het ontrafelen van de moleculaire interactiemechanismen moeten *P. infestans*-avirulentiegenen (*Avr*-genen) geïsoleerd worden. Om transcripten te identificeren die geassocieerd zijn met avirulentie werd een zogenaamde 'transcriptional profiling' strategie gebruikt. Met cDNA-AFLP werden transcripten vergeleken in *P. infestans*-stammen met verschillende virulentiefenotypen. Een groot aantal avirulentie-geassocieerde TDF's (Transcript Derived Fragments) werd gekloneerd en gesequenced, en vervolgens werden EST- en genoom-databanken doorgespit om meer sequentiegegevens te verkrijgen. Om veelbelovende kandidaten te identificeren werden selectiecriteria gebruikt die met behulp van bioinformatica getoetst werden, zoals het voorkomen van een signaalpeptide, het aantal cysteïne-residuen en mogelijke virulentiefuncties. Een combinatie van 'transcriptional profiling' en

PROMOTIES



**Figuur 1.** Een avirulentie-locus met diverse modules van een geamplificeerd gen. (A) *P. infestans* bevat meerdere kopieën van *pi3.4* die verspreid liggen over het genoom. De meeste kopieën zijn pseudogenen en hebben geen intact open leesraam (disrupted ORF). Het hemizygote *Avr3b-Avr10-Avr11*-locus bevat een groot aantal *pi3.4*-kopieën en het is het enige locus met een volledig intact *pi3.4*-gen (*pi3.4F<sup>a</sup>*) naast afgebroken kopieën met een intact open leesraam (*pi3.4T*). (B) Ongelijke overkruising op het hemizygote *Avr3b-Avr10-Avr11*-locus. De *pi3.4*-amplificatie kan dienen als bron van modules die geassembleerd worden in nieuwe volledige *pi3.4*-genen.

genetische en fysische kartering leidde tot de karakterisering van een complex avirulentie-locus. Vier avirulentie-geassocieerde TDF's bleken afgeleid te zijn van één gen, *pi3.4*. Genetische en fysische kartering plaatste *pi3.4* op het *Avr3b-Avr10-Avr11*-locus op koppelingsgroep VIII. 'Comparative Genomic Hybridization' (CGH) liet zien dat dit *Avr*-locus behoort tot de zes loci in het genoom waarvan het aantal kopieën variabel is ('copy number variation' - CNV). Een geamplificeerd *pi3.4*-gencluster is aanwezig in het avirulente haplotype maar afwezig in het virulente haplotype. Alleen de 3' helft van het *pi3.4*-gen is geamplificeerd, en deze amplificatie

bleek variabele modules op te leveren die mogelijk gebruikt worden om nieuwe volledige genen samen te stellen (Figuur 1).

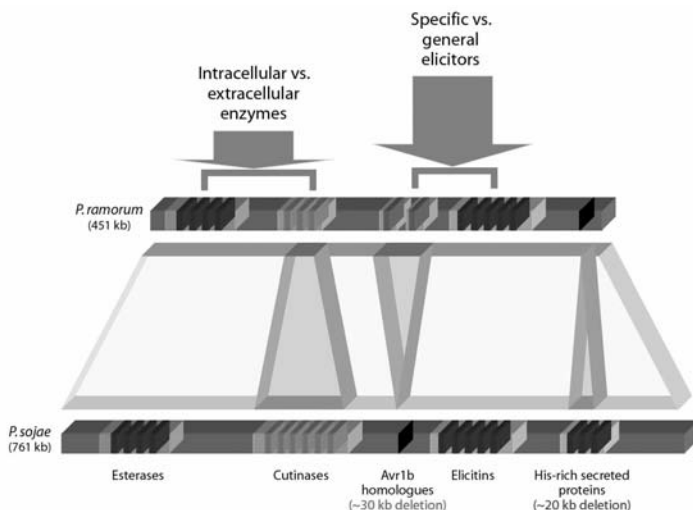
### **Elicitines: een grote, sterk geconserveerde en complexe familie van eiwitten**

Van de eiwitten die worden uitgescheiden door *Phytophthora* worden elicities het meest overvloedig aangemaakt. Elicitines hebben elicitor-activiteit; ze veroorzaken een hypersensitieve reactie in tabaksplanten. Onderzoek naar de diversiteit en genoomorganisatie van elicitingenen in vier *Phytophthora*-

soorten toonde aan dat elicities gecodeerd worden door een grote en complexe genfamilie, en dat ze behoren tot de meest geconserveerde eiwitgroepen in het *Phytophthora*-geslacht. Vele elicities- (ELI-) en elicities-achtige (ELL-) genen komen geclusterd voor in het genoom. Fylogenetische analyse gaf aan dat de complexe elicitiesgenfamilie al bestond voordat uit de oer-*Phytophthora* de huidige *Phytophthora*-soorten ontstonden. Met moleculaire fylogenie werden leden van de elicitiesfamilie geïdentificeerd in 17 verschillende groepen, te weten 4 ELI-groepen en 13 ELL-groepen. Uit expressiepatronen en voorspellingen met behulp van bioinformatica, kon worden afgeleid dat verschillende groepen verschillende functies uitoefenen.

### **Recombinatie-'hotspots' in het *Phytophthora*-genoom en de positie van effectorgen**

Twee *Phytophthora*-soorten waarvan de genoomsequentie volledig bekend is, *P. sojae* en *P. ramorum*, verschillen in hun genoomgroottes, seksueel gedrag en gastheerspecificiteit. Om inzicht te verkrijgen in de evolutie van effectorgen werd vergelijkende genoomanalyse uitgevoerd en werd de genoomorganisatie van potentiële effectorgen nader bestudeerd. Algemene co-lineariteit werd gevonden tussen grote genoomgebieden van *P. sojae* en *P. ramorum*. Toch brachten inserties, deleties en expansies een aantal 'hotspots' voor genoomherschikkingen aan het licht (Figuur 2) en zulke hotspots bleken vaak virulentie-geassocieerde genen te herbergen. Contrasterende evolutionaire patronen werden gevonden voor naburige genfamilies waarbij, bijvoorbeeld, families



**Figuur 2.** Recombinatie-‘hotspots’ in het *Phytophthora*-genoom en de positie van effectorgenen.

die coderen voor extracellulaire enzymen meer herschikkingen vertoonden dan families die coderen voor intracellulaire enzymen. Ook vertoonden genen die voor gastheerspecifieke elicitors coderen meer herschikkingen dan genen die voor algemene elicitors coderen.

### Het secretoom en de snelheid van evolutie van gesecreterde eiwitten

Het secretoom omvat het hele reservoir aan uitgescheiden eiwitten die onderdeel uitmaken van het proteoom van een organisme. Met behulp van bioinformatica werden alle genen die coderen voor gesecreterde eiwitten geselecteerd. Zowel *P. sojae* als *P. ramorum*, beschikt over een groot secretoom bestaande uit meer dan duizend eiwitten. De meeste genen die voor uitgescheiden eiwitten coderen kunnen gegroepeerd worden in families, en vele komen in het genoom geclusterd voor. Vergelijking van de secretomen van *P. sojae* en *P. ramorum* liet zien dat verschillende families met een verschillende snelheid evolueren. Tot de snelst evoluerende families behoren de eiwitten die aan het celoppervlak verankerd

zijn, factoren geassocieerd met paring en “RXLR-DEER”-eiwitten. Zij kunnen een belangrijke rol spelen in gastheer-pathogeninteracties of in reproductie.

### Codon mimicry en retrotransposons

Voor het analyseren van basale eigenschappen van een genoom is het waardevol informatie te vergaren over de basensamenstellingen van een genoom en te berekenen hoe efficiënt de verschillende basen gebruikt worden. In dit onderzoek werd de basensamenstellingen van de *P. sojae*- en *P. ramorum*-genomen berekend en vergeleken. De coderende gebieden laten duidelijk een hoog GC3-gehalte zien (GC-codongebruik op de 3<sup>e</sup> positie), en deze voorkeur voor het gebruik van bepaalde codons in *Phytophthora*-genen heeft een zogenaamde ‘codon bias’ tot gevolg. Gevonden werd dat evolutionaire krachten zoals selectiedruk en tendens tot mutaties de ‘codon bias’ in *Phytophthora* aanzwengelen. Het hogere GC3-gehalte in *Phytophthora*-genen die hoog tot expressie komen duidt op selectiedruk, terwijl toename van het GC-gehalte in niet-co-

derende gebieden in de ene *Phytophthora*-soort ten opzichte van de andere, wijst op een mutatietendens in het hele genoom (‘whole genome mutation bias’). De meest-verspreide groepen van transposons werden uit de genomen van de beide *Phytophthora*-soorten gefilterd en geanalyseerd, en deze vertonen een ‘codon bias’ die vergelijkbaar is met die van de genen van de gastheer-*Phytophthora*.

### Tenslotte

Wat zijn nu de evolutionaire implicaties van de bevindingen die in dit proefschrift zijn beschreven? Het is evident dat voor pathogene organismen effectorgenen van belang zijn voor de interactie met hun gastheren. Dit heeft tot gevolg dat effectorgenen over het algemeen sneller evolueren dan de meeste andere genen. De resultaten gepresenteerd in dit proefschrift laten zien dat vergelijkende genomische analyse een krachtig instrument is om deze genen te ontdekken, en om veelbelovende kandidaten verantwoordelijk voor pathogenese aan te wijzen. Zodra de volledige DNA-sequentie van de genomen van andere *Phytophthora*-soorten beschikbaar is kunnen de vergelijkende genomische analyses uitgebreid worden en kunnen soortspecifieke effectorgenen gemakkelijker gedetecteerd worden. Vervolgonderzoek zal zich richten op *P. infestans*, de veroorzaker van de aardappelziekte. Het onderzoek beschreven in dit proefschrift laat zien dat genomics een nieuwe impuls kan zijn voor fundamentele en toegepaste wetenschappers. Met de blauwdruk van *P. infestans* tot onze beschikking zal het aardappelziekte-onderzoek aan momentum winnen.

PROMOTIES

# Diversiteit en evolutie van resistentiegenen in knoldragende *Solanum*-soorten

Miqia Wang

Op 12 juni 2007 promoveerde Miqia Wang aan Wageningen Universiteit op het proefschrift getiteld 'Diversity and evolution of resistance genes in tuber-bearing *Solanum* species'. Promotor was Prof. Dr. M.S.M. Sosef, hoogleraar Biosystematiek, co-promotoren waren Dr. B. Vosman (Plant Research international) en Dr. R.G. van den Berg (leerstoelgroep Biosystematiek). Het onderzoek maakte deel uit van het PhD-Sandwichprogramma tussen Wageningen Universiteit en de Chinese Academy of Agricultural Sciences.



## Inleiding

Aardappel (*Solanum tuberosum* L.) is een gewas met een grote secundaire *gene pool* waarin vele belangrijke eigenschappen aanwezig zijn, die in veredelingsprogramma's gebruikt kunnen worden. De aardappelziekte, veroorzaakt door de oömyceet *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, is één van de ernstigste problemen in aardappelproductiegebieden. Het telen van aardappelen in Noordwest Europa is alleen mogelijk als het gewas veelvuldig behandeld wordt met bestrijdingsmiddelen. Rassen met ingebouwde resistentie tegen de aardappelziekte kunnen daarin verandering brengen, en mede daarom is er zoveel aandacht voor resistentieveredeling in dit gewas. Dit proefschrift beschrijft het gebruik van 'nucleotide binding site (NBS) profiling' om de systematiek van het geslacht *Solanum* te bestuderen en om merkers voor resistentiegenen te identificeren, die door veredelingsbedrijven kunnen

worden toegepast. Ook worden in detail de diversiteit en evolutie van twee al bekende *Phytophthora*-resistentiegenen (*Rpi-blb1* en *Rpi-blb2*) bestudeerd in een groot aantal *Solanum*-soorten.

## NBS profiling voor onderzoek naar plantensystematiek in knoldragende *Solanum*-soorten

NBS profiling is een moleculaire techniek waarmee gericht merkers kunnen worden gegenereerd in en rond resistentiegenen. Hiermee onderscheidt de techniek zich van de AFLP-techniek die willekeurig merkers genereert. Gebruikmakend van een set van meer dan honderd genenbank-accessies, die 47 knoldragende *Solanum*-soorten vertegenwoordigen, is de techniek geëvalueerd op geschiktheid voor fylogenie-reconstructie. De resultaten van NBS profiling zijn vergeleken met die verkregen via AFLP. Cladistische en fenetische analyses laten zien dat de twee

technieken verwantschapsbomen opleveren met vergelijkbare topologie en resolutie, hetgeen er op wijst dat NBS profiling een alternatief kan zijn voor AFLP in fylogenie-reconstructie. De NBS profiling-boom vertoonde geen duidelijk effect van selectie voor resistentiegenen. Het DNA van de merkers die comigreerden in verschillende knoldragende *Solanum*-soorten waren voor het overgrote deel meer dan 95% gelijk aan elkaar. Dit wijst erop dat homoplasie beperkt is met NBS profiling.

## Genetische diversiteit in Europese aardappelrassen en de identificatie van resistentiegen-specifieke merkers

De veranderingen in de genetische diversiteit van resistentiegen-loci in een set van 456 Europese aardappelrassen gedurende de afgelopen zeventig tot tachtig jaar is onderzocht met behulp van NBS profiling. De genetische diversiteit op



deze loci nam iets toe, vermoedelijk door veredelingsactiviteiten waarbij resistenties vanuit wilde soorten in de gecultiveerde aardappel zijn ingebracht. Verscheidene kandidaat-resistentiegenen werden geïdentificeerd door de *NBS profiling*-merkers te koppelen aan afstammings- en ziekte-resistentie-gegevens van de rassen. Omdat de homoplasie in *NBS profiling*-merkers laag was konden de merkers ook gekoppeld worden aan de knoldragende *Solanum*-soorten waaruit de resistenties vermoedelijk afkomstig waren. Eén van de geïdentificeerde merkers is zeer waarschijnlijk afkomstig uit *Solanum vernei*, gezien de aanwezigheid van de merker in zowel *S. vernei*-accessies als in rassen die *S. vernei* in hun stamboom hebben. De merker was ook gecorreleerd met nematoderesistentie-gegevens van de betrokken rassen.

### **Identificatie van geconserveerde homologen van *Rpi-blb1* in *Solanum stoloniferum***

Op basis van de Phytophthora-R-genen *Rpi-blb1* en *Rpi-blb2*, die oorspronkelijk geïdentificeerd zijn in *S. bulbocastanum*, is "allele mining" uitgevoerd in een groot aantal wilde knoldragende aardappelsoorten. Daarnaast is de structuur van het resistentiegen-cluster dat *Rpi-blb1* bevat geanalyseerd, door de aan- en afwezigheid van de genen die *Rpi-blb1* flankeren (*RGA1-blb* and *RGA3-blb*) vast te stellen. Het flankerende gen *RGA1-blb* was aanwezig en sterk geconserveerd, in alle geteste knoldragende *Solanum*-soorten en ook in de niet-knoldragende soorten *S. etuberosum*, *S.*

*fernandezianum* en *S. palustre*, hetgeen suggereert dat *RGA1-blb* reeds aanwezig was vóór de divergentie van knoldragende en niet-knoldragende *Solanum*-soorten. De frequentie van *RGA3-blb* was echter veel lager. Sterk geconserveerde *Rpi-blb1* (>99.5%) -homologen werden verrassend genoeg niet alleen in *S. bulbocastanum* aangetroffen maar ook in *S. stoloniferum*, een tetraploïde soort uit de serie *Longipedicellata*. Een aantal dominante R-genen (*Rpi-sto1*, *Rpi-plt1*, *Rpi-pta1* and *Rpi-pta2*) werd geïdentificeerd in F1-populaties, welke gebaseerd waren op resistente genotypen die de *Rpi-blb1*-homoloog bevatten. *Rpi-sto1* en *Rpi-plt1* blijken op dezelfde positie op chromosoom VIII te liggen als *Rpi-blb1* in *S. bulbocastanum*. Gegevens over uitsplitsing geven ook aan dat er een additioneel Phytophthora-resistentiegen aanwezig is in drie van de vier uitsplitsende populaties. Anders dan *Rpi-blb1* werd *Rpi-blb2* niet aangetroffen in het onderzochte materiaal.

### **Diversiteit en evolution van de Phytophthora resistentiegenen *Rpi-blb1* en *Rpi-blb2* in *Solanum bulbocastanum* en *Solanum cardiophyllum***

De allel-frequentie en de allelische diversiteit van *Rpi-blb1* en *Rpi-blb2* werd onderzocht in accessies van *S. bulbocastanum* en de nauw verwante soort *S. cardiophyllum*. Sterk geconserveerde *Rpi-blb1*-allelen werden aangetroffen in 24 Mexicaanse accessies, maar niet in materiaal afkomstig uit Guatemala. Met sequentie analyse van een set genotypen werden negentien *Rpi-blb1*-haplotypen ontdekt. De resultaten beves-

tigen dat *Rpi-blb1* behoort tot de klasse van type II resistentiegenen, die langzaam evolueren. Alle vermoedelijk vatbare *Rpi-blb1*-sequenties zijn identiek, hetgeen suggereert dat dit allel door slechts een mutatie gebeurtenis is ontstaan. *Rpi-blb2* is aanwezig in slechts acht accessies van *S. bulbocastanum* en niet in de andere onderzochte wilde soorten. Samen met het feit dat alle onderzochte *Rpi-blb2*-allelen identiek zijn, suggereert dit dat *Rpi-blb2* recentelijk is geëvolueerd.

### **Toepassingen**

Het *Rpi-blb1*-gen werd oorspronkelijk ontdekt in, en gekloneerd uit, *S. bulbocastanum*, een soort die niet direct kruisbaar is met de cultuuraardappel. Dit onderzoek heeft aangetoond dat functionele homologen van *Rpi-blb1* ook aanwezig zijn in *S. stoloniferum*, een soort die wél direct kruisbaar is met de cultuuraardappel. Het *Rpi-sto1*-gen uit *S. stoloniferum* kan waarschijnlijk gemakkelijker in de cultuuraardappel geïntroduceerd worden dan het *Rpi-blb1*-gen uit *S. bulbocastanum*. Het is te verwachten dat ook voor andere resistentiegenen die aanwezig zijn in primitieve soorten kan gelden dat er functionele homologen aanwezig zijn in meer afgeleide en gemakkelijker met de cultuuraardappel kruisbare soorten. Het is daarom nuttig om voor de start van een veredelingsprogramma met een soort die niet direct kruisbaar is, eerst direct kruisbaar materiaal te evalueren op de aanwezigheid van datzelfde gen, zodat het veredelingsprogramma kan worden versneld, en tijd en geld kunnen worden bespaard.

PROMOTIES

# Nieuws

Deze nieuwsrubriek brengt items over gewasbescherming die de redactie interessant vindt. Belangrijke criteria voor plaatsing van het nieuwsitem zijn:

- het bericht moet relevant zijn voor de gewasbescherming,
- het mag geen reclameboodschap bevatten,
- het moet afkomstig zijn van een van de erkende agrarische nieuwsbrennende tijdschriften, kranten, nieuwsbrieven, internetsites of autoriteiten,
- het moet naspeurbaar zijn naar de oorspronkelijke bron, die waar mogelijk wordt weergegeven.

Opinies van individuen of belangenorganisaties en visies en andere interpretaties van actuele onderwerpen kunnen als citaat worden opgenomen mits de bron bekend is. Van harte nodigen wij u uit nieuwsitems bij de redactie aan te dragen.

## Vijf jonge Wageningse onderzoekers ontvangen middelen voor eigen onderzoek

De Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek (NWO) heeft vier jonge, excellente wetenschappers van Wageningen Universiteit een zogeheten Vidi-subsidie toegekend. Elke onderzoeker krijgt in totaal maximaal 600.000 euro. Ook ontving een onderzoeker een zgn. Rubicon-subsidie.

De Vidi-subsidie is bestemd voor onderzoekers die na hun promotie een aantal jaren onderzoek op postdocniveau hebben verricht. De wetenschappers hebben daarbij vernieuwende ideeën gegenereerd en deze succesvol zelfstandig tot ontwikkeling gebracht. De onderzoekers behoren tot de beste tien à twintig procent van hun vakgebied. De subsidie biedt hen de mogelijkheid een eigen vernieuwende onderzoekslijn te ontwikkelen en één of meer onderzoekers aan te stellen.

De vier Wageningse onderzoekers die een Vidi-subsidie ontvangen zijn:

**Dr.ir. B.P.H.J. (Bart) Thomma** (Fytopathologie). Titel onderzoek: Loodgieten in de plant. Bepaalde plant-parasitaire schimmels leven in de waterkanalen van de plant en veroorzaken verstoppingen die uitmonden in zeer destructieve verwelkingsziekten. In dit kanaalsysteem komen echter amper voedingsstoffen voor. De onderzoekers proberen te achterhalen hoe en waarom deze schimmels in die waterkanalen leven.

**Dr. D.K. (Duur) Aanen** (Erfelijkheidslcer). Titel onderzoek: De evolutie van duurzame landbouw door insecten. Dit project onderzoekt de evolutie van stabiele samenwerking tussen verschillende soorten in een natuurlijk voorbeeld van duurzame landbouw: termieten die schimmels kweken in ondergrondse tuinen. Dit onderzoek zal licht werpen op een paradox van de evolutietheorie: de evolutie van samenwerking.

**Dr.ir. T.M. (Martijn) Bezemer** (Plantenwetenschappen). Titel onderzoek: Biodiversiteit boven en onder het maaiveld. Planten worden bovengronds

en ondergronds belaagd door een divers scala aan grote en kleine beestjes dat hen opeet en ziek maakt. Dit onderzoek gaat na welke factoren de diversiteit van deze beestjes en hun invloed op de plant bepalen.

**Dr.ir. J.W. (Jan Willem) van Groenigen** (Bodemkwaliteit). Titel onderzoek: Broeikasgas in of uit de bodem? De bodem kan de broeikasgasen kooldioxide en lachgas zowel opnemen als uitstoten, en beïnvloedt daarmee het klimaat. Opname van kooldioxide leidt echter vaak tot extra uitstoot van lachgas. De onderzoekers kijken waarom dit gebeurt, en hoe het kan worden vermeden.

NWO selecteerde de kandidaten vanwege hun opvallend en origineel talent voor het doen van vernieuwend wetenschappelijk onderzoek. NWO betaalt bijna zeventig procent van elke subsidie. De universiteit draagt ruim dertig procent bij. De Vidi-subsidie is een van de drie subsidievormen van de Vernieuwingsimpuls. De andere twee subsidies zijn de Veni-subsidie (voor pas gepromoveerden) en de Vici-subsidie (voor zeer ervaren onderzoekers).

**Rubicon-subsidie**  
NWO heeft een Rubicon-subsidie toegekend aan **dr. A.M. (Anne Meint) Henstra** van het Laboratorium voor Microbiologie. Hij gaat 24 maanden naar de University of California in de Verenigde Staten. Zijn onderzoeksvorstel luidt: *Carbon monoxide metabolism of the hyperthermophilic archaeon Archaeoglobus fulgidus*. Biomassa kan bij hoge tem-

peratuur worden omgezet in koolstofmonoxide en waterstofgas. Sommige bacteriën kunnen deze gassen gebruiken om bioethanol te maken. De onderzoekers willen deze bacteriën bestuderen om in een nieuw proces schone brandstof van plantaardig landbouwafval te maken, zonder te concurreren met voedselproductie.

Rubicon-bijdragen zijn bedoeld voor jonge veelbelovende wetenschappers. Pas gepromoveerde Nederlandse onderzoekers krijgen zo de kans om onderzoekservaring op te doen in het buitenland. Met de middelen worden de kosten voor verblijf aan een buitenlands instituut bekostigd (maximaal ongeveer 80.000 euro). De Rubicon-subsidie gaat vooraf aan de Veni-subsidie. De naam komt van de rivier de Rubicon. Julius Caesar stak deze rivier over voordat hij aan zijn zegereeks begon die leidde tot de uitspraak 'veni, vidi, vici'. De Rubicon-subsidie is bedoeld voor pasgepromoveerde onderzoekers. Deze groep mist vaak net de onderzoekservaring om een Veni-subsidie te krijgen.

Bron: n.a.v. Persbericht Wageningen UR, 11 juli 2007

### **Gemechaniseerd ziekzoeken tulpen**

**De sectorcommissie Bloembollen van het Productschap Tuinbouw trekt 85.000 euro uit voor een onderzoek naar de haalbaarheid van gemechaniseerd ziekzoeken in tulpen.**

Tot nu toe worden zieke tulpen handmatig uit een perceel gehaald. Dat is erg arbeidsintensief. Bovendien vergt het vakmanschap om zieke tulpen te onderscheiden van gezonde planten.

“Als een geautomatiseerd systeem het zoeken naar ongezonde bollen kan overnemen, levert dat waarschijnlijk een betere kwaliteit bloembol op”, stelt de commissie. “Daardoor zijn er meer exportmogelijkheden en mogelijk hoeft ook de luis niet meer te worden bestreden.”

Bron: Agrarisch Dagblad, 5 juli 2007

### **Glyfosaatresistentie buiten Europa neemt toe**

Tijdens het symposium Resistance 2007, Rothamsted in Engeland, werd een aantal voordrachten gehouden over resistentie van onkruiden tegen glyfosaat. Het aantal glyfosaat resistente soorten onkruid neemt de laatste jaren snel toe. Glyfosaatresistentie wordt vooral waargenomen in gebieden waar de teelt van genetisch gemodificeerde glyfosaattolerante soja, katoen en maïs overheerst. De meeste soorten komen niet in Nederland voor, alleen Fijnstraal (*Conyza*) is een belangrijk onkruid op bestratingen en spoorwegen. In Nederland is nog geen resistentie geconstateerd. Oplettenheid is een vereiste in alle situaties waarin glyfosaat intensief en exclusief wordt gebruikt.

Bron: Nieuwsbrief Plantenziektenkundige Dienst, nummer 3, 2007

### **PD onderzoekt deregulering voor *Helicoverpa armigera***

***Helicoverpa armigera* is een mot en heeft in de EU een quarantainestatus IAII. Dit houdt in dat de PD fytosanitaire maatregelen oplegt bij iedere vondst van *H. armigera* op een plant of plantaardig product.**



De PD treft deze mot veelvuldig aan tijdens importinspecties vooral op anjer en roos en op bonen en peulen. In het gehele zuiden van de EU heeft *H. armigera* zich al gevestigd. Daarnaast is bekend dat volwassen motten over grote afstanden kunnen migreren in de zomerperiode en het noorden van de EU kunnen bereiken. *H. armigera*-motten zijn zelfs in Zweden waargenomen, zeer waarschijnlijk door migratie. De PD heeft daarom besloten om te analyseren of importafkeuringen nog zinvol zijn. Doel van deze risicoanalyse is uiteindelijk om te beoordelen of deregulering mogelijk en wenselijk is. De PD voert deze risicoanalyse samen met het Verenigd Koninkrijk uit. Binnenkort organiseert de PD een sectorconsultatie over dit onderwerp. Daarnaast heeft de PD de conceptrisicoanalyse geplaatst op de site van de PD en nodigt alle belanghebbenden uit om commentaar op de analyse te geven.

Bron: n.a.v. Nieuwsbrief Plantenziektenkundige Dienst, nummer 3, 2007

### **Fungicide resistentie actie groep Nederland (FRAG-NL)**

De Fungicideresistentie-actiegroep Nederland (FRAG-NL) heeft zestien leden die werkzaam zijn in het fungicideonderzoek bij onder andere PPO (Praktijkonderzoek Plant en Omgeving) en de gewasbeschermingsmiddelenindustrie. Het

secretariaat van de FRAG-NL is belegd bij de PD en het voorzitterschap wordt bekleed door Huub Schepers van PPO-AGV (PPO - Akkerbouw Groene ruimte en Vollegrondsgroenten).

De werkgroep heeft de volgende doelstellingen:

- verzamelen en interpreteren van informatie betreffende fungicidenresistentie en het management ervan om te komen tot consensus in Nederland;
- bevorderen van praktische richtlijnen betreffende de status en management van fungicidenresistentie in Nederland;
- adviseren over onderwerpen met betrekking tot Research & Development;
- aanspreekpunt tussen industrie (FRAC), overheid en onafhankelijke onderzoeksinstellingen;
- produceren, publiceren en bevorderen van het ontwikkelen van voorlichtingsmateriaal dat dient voor en het verminderen van fungicidenresistentie.

De advisering van de FRAC en de FRAG-NL lopen uiteen. De adviezen van de FRAG-NL komen tot stand door samenwerking van onderzoek en industrie. De adviezen van de FRAC zijn over het algemeen veel globaler en alleen afkomstig van de industrie. Recent is de richtlijn voor management van fungicidenresistentie in graanziekten geactualiseerd. Deze is te vinden op de site van de FRAG-NL.

De richtlijn is een soort folder waarin informatie te vinden is over het niveau van de resistenties tegen de toegelaten fungiciden. Binnenkort verschijnt er een soortgelijke informatiefolder over het resistentiemanagement voor de belangrijkste

aardappelschimmelziekte *Phytophthora infestans*, die ook wordt gepubliceerd op de site van FRAG-NL. Meer informatie [www.frac.info/fac/index/htm](http://www.frac.info/fac/index/htm).

Bron: *Nieuwsbrief Plantenziektenkundige Dienst*, nummer 3, 2007

### Opening quarantainelaboratorium

Minister Verburg heeft 31 mei jl. het nieuwe quarantainelaboratorium van de Plantenziektenkundige Dienst (PD) officieel geopend. Sinds een paar maanden werken de medewerkers hier in een *high tech*-omgeving aan alles wat met plantgezondheid te maken heeft.



Het laboratorium voldoet aan de meest recente wet- en regelgeving op het gebied van werken met schadelijke organismen en risicodragend (plant)materiaal en beschikt over de nieuwste en veiligste laboratoriuminfrastructuur. De aantasters van planten waar men in het laboratorium mee werkt zijn verdeeld in vijf groepen organismen die elk specifieke biologische kenmerken hebben. Op basis van deze kenmerken is een risicoanalyse gemaakt, die de basis vormt voor de invulling en naleving van de richtlijn 95/44.

Dit is uitgewerkt in een fysieke inperking door bouwtechnische maatregelen, en een actieve inperking door middel van een veilige werkwijze. De ramen in de laboratoria kunnen niet

geopend worden en is er een gesloten klimaatcontrole waarbij uitgaande lucht via speciale filters wordt afgevoerd. Mogelijke verspreiding via afvalwater, afkomstig uit het laboratorium, wordt voorkomen door al het afvalwater centraal op te vangen en te verhitten, voordat het op het riool wordt geloosd. Daarnaast zijn de laboratorium- en kantoorfuncties compleet gescheiden. De diagnostisch specialisten hebben voor administratieve activiteiten hun bureau in het hoofdgebouw staan.

Bron: *Nieuwsbrief Plantenziektenkundige Dienst*, nummer 3, 2007

### Plantenziektenkundige Dienst draagt taken over

Vanaf 1 september 2007 draagt de Plantenziektenkundige Dienst (PD) zijn inspectietaken over. Vanaf deze datum voeren de keuringsdiensten (te weten NAK, Naktuinbouw, de BKD, en het KCB) de import- en exportinspecties uit. De ondertekening van de Managementovereenkomsten tussen het ministerie van LNV en de keuringsdiensten heeft plaatsgevonden op 15 juni 2007. Aanvragen binnen de Regulering Grondontsmetting en verzoeken en meldingen over besmetverklaringen Aardappelmoeheid lopen vanaf 1 juli 2007 via het LNV Loket.

### Locatiekantoren sluiten

Het locatiekantoor van de PD in Emmeloord sluit op 1 juli. De overige locatiekantoren van de PD sluiten per 1 september of worden overgedragen aan een keuringsdienst. Met ingang van 1 september 2007 kunt u im- en exportinspecties aanvragen bij de kantoren van de keuringsdienst(en) waaraan uw inspectielocatie(s) is/zijn toe-



gewezen. Uiteraard kunt u hiervoor Cliënt import blijven gebruiken. De inspectieaanvraag komt dan automatisch bij de juiste keuringsdienst terecht. U ontvangt binnenkort een brief waarin u geïnformeerd wordt over keuringsdienst waaraan uw inspectielocatie(s) is/zijn toegewezen.

### **Het LNV-Loket**

U kunt voor het aanvragen van vergunningen voor grondontsmetting binnen de Regulerings Grondontsmetting (RGO) en het insturen van verzoeken voor het opheffen van besmetverklaringen Aardappelmoeheid (inclusief meldingen van bestrijdingsmaatregelen) vanaf 1 juli 2007 terecht bij Het LNV-Loket. De PD streeft ernaar om na het sluiten van de locatiekantoren een goede dienstverlening voor onze klanten in stand te houden. Ze intensiveren hiervoor, onder andere, de samenwerking met het LNV-Loket. Het LNV Loket is bereikbaar via 0800 - 2233322.

### **De PD na 1 september 2007**

De keuringsdiensten voeren de im- en exportinspecties van plantaardige producten in opdracht van LNV uit, conform de door de PD voorgeschreven procedure én onder toezicht van de PD uit. Het kan echter voorkomen dat de PD-inspecteur u na 1 september 2007 bezoekt, bijvoorbeeld bij monitoringsacties. De PD brengt met deze bezoeken in beeld in hoeverre er schadelijke quarantaine(waardige) organismen in de Nederlandse teelten en natuur zijn. Daarnaast zal de PD zich als kennis- en toezichtautoriteit richten op het vergaren en behouden van kennis over plantgezondheid. Hiervoor is het nationaal fyto-sanitair referentielaboratorium bij de PD ondergebracht.

Meer informatie over Plantkeur kunt u vinden op de website [www.plantkeur.eu](http://www.plantkeur.eu)

*Bron: Nieuwsbrief Plantenziektenkundige Dienst, nummer 3, 2007*

### **Aaltje pakt aspergekever alleen onder glas**

**Het aaltje *Steinemema feltiae* kan onder glas succesvol worden ingezet tegen de aspergekever, maar in de buitenlucht is het effect er niet.**

In een proef op het Proefstation voor de Groenteteelt in Sint-Katelijne-Waver werd Entomen van Koppert ingezet tegen aspergekever in asperge. Entomen bevat het aaltje *Steinemema feltiae*, dat onder glas voor goede resultaten zorgt.

In de vollegrond werd het product laat in de avond toegepast, omdat een hoge relatieve luchtvochtigheid en een temperatuur van 15 graden Celsius nodig is voor een goede werking. Bovendien zijn de aaltjes gevoelig voor UV-straling.

*Bron: Weekblad Groenten & Fruit, 27 juni 2007*

### **Gezamenlijke aanpak bacterievuur Zuid-Limburg**

**Diverse partijen in Zuid-Limburg gaan samenwerken om bacterievuur te bestrijden.**

Bacterievuur is een ziekte die met name fruit- en boomteeltgewassen aantast. De gemeente Margraten neemt het voortouw. In deze gemeente zijn diverse boom- en fruittelers gevestigd. Daarnaast zijn onder andere de provincie Limburg, de NBvB, de NFO, het waterschap en natuurverenigingen betrokken

bij het opstellen van een gezamenlijk plan van aanpak om de verspreiding van bacterievuur tegen te gaan.

Volgens een woordvoerder van de gemeente Margraten zijn er vorig jaar diverse uitbraken in de omgeving geweest, waarop tot deze actie is besloten. Een belangrijke drager van bacterievuur is de voor Zuid-Limburg karakteristieke meidoorn.

De nadruk ligt vooral op herkenning van de aandoening. Zo worden er cursussen gegeven aan terreinbeheerders, landbouwers en groenmedewerkers van gemeenten. Ook worden meldpunten ingericht waar mensen met vragen en meldingen terecht kunnen. Tot slot is er een folder die wordt verspreid onder omliggende gemeentes en agrariërs.

*Bron: De Boomkwekerij, 27 juni 2007*

### **Vliegtuigbespuiting *Phytophthora* toegestaan**

**Het Waterschap Reest en Wieden staat enkele aardappeltelers toe dat zij vanuit vliegtuigen bespuitingen tegen *Phytophthora* laten plaatshebben.**

Twee boeren hebben een gedoogbeschikking gekregen, omdat door de vele neerslag van de laatste dagen de akkers in de Giethoornse polder niet berijdbaar zijn. De beschikking heeft een geldigheidsduur van een week. Het waterschap wees aanvragen voor vliegtuigbespuitingen van drie andere akkerbouwers af.

Bespuitingen vanuit het vliegtuig zijn wettelijk verboden. Alleen in zeer uitzonderlijke situaties, zoals extreme neerslag, kan een ontheffing worden

verkregen. Boeren moeten in dat geval aan een aantal strenge voorwaarden voldoen.

*Bron: Agrarisch Dagblad, 27 juni 2007*

### **Nieuwe regels aardappelmoeheid**

**Voor de teelt van vaste planten is per 1 juli 2010 geen verplicht grondonderzoek meer nodig om aan te tonen dat een perceel vrij is van aardappelmoeheid.**

Dat blijkt volgens de Nederlandse Bond van Boomkwekers uit de nieuwe EU-richtlijn voor de bestrijding van aardappelcyste-aaltjes, de veroorzakers van AM. Om de export naar derde landen veilig te stellen, zal echter toch aantoonbaar moeten zijn dat de producten van AM-vrije percelen afkomstig zijn.

Daarom blijft tot 2010 aanvullend nationale regelgeving van kracht. Daarin wordt vastgelegd dat vaste planten uitsluitend geteeld mogen worden op AM vrije grond. Dat is ook nu al het geval. Na 2010 moet een administratiesysteem voor voldoen-de waarborgen zorgen.

*Bron: Vakwerk, 25 juni 2007*

### **CTB komt met nieuwe lijst**

**Het College voor de Toelating van Bestrijdingsmiddelen (CTB) komt voor 1 oktober met een nieuwe lijst van toegelaten middelen.**

Dit moet voorkomen dat circa achthonderd middelen mogelijk verboden worden op grond van een rechterlijke uitspraak, antwoordt minister Gerda Verburg van LNV op Kamervragen. Op 1 oktober 2007 gaat de

nieuwe gewasbeschermingsmiddelenwet in.

Het College van Beroep voor het Bedrijfsleven (CBB) stelde op 4 mei Stichting Natuur en Milieu in het gelijk, die betoogde dat de wet niet garandeerde dat middelen voldoende zijn getoetst op effecten voor mens, dier en milieu.

*Bron: Agrarisch Dagblad, 25 juni 2007*

### **Distelverordening blijft bestaan**

**Gelderse akkerbouwers voor wie distels een plaag vormen, blijven verplicht de schadelijke plant te verwijderen voordat die tot bloei komt, meldt de Gelderlander.**

Provinciale Staten van Gelderland hebben in meerderheid ingestemd met het handhaven van de akkerdistelverordening. Gebeurt het verwijderen van de distels niet volgens de regels, dan vormt de plant ondergronds stengels die weer voor nieuwe distels zorgen.

Het provinciebestuur vindt afdwingen van bestrijding geen taak van de overheid. Daarbij betekent volgens Gedeputeerde Staten dat afschaffen van de verordening tot minder regels en bureaucratie leidt. Deregulering is een beleidspeerpunt voor Gedeputeerde Staten (GS).

Het is voor de tweede keer dat GS een poging ondernamen de verordening van de agenda af te halen. Vorig jaar veegden CDA en VVD het voorstel ook al van tafel. Het provinciebestuur hoopte dat na de verkiezingen van 7 maart de vernieuwde Staten zich wel in het voorstel zouden kunnen vinden.

Tevens hebben enkele Statenleden aandacht gevraagd voor de problematiek van het jacobskruid, een onkruid dat bij consumptie de dood tot gevolg kan hebben voor graasdieren. Gedeputeerde Onno Hoes (VVD) heeft toegezegd met onder meer de boerenbelangenorganisatie ZLTO in gesprek te gaan over de bestrijding van het jacobskruid.

*Bron: Agrarisch Dagblad, 24 juni 2007*

### **Advies: nesten van eikenprocessierups wegzuigen**

**De Expertgroep eikenprocessierups adviseert om nesten van de eikenprocessierups te verwijderen, bij voorkeur door middel van zuigen. De beste methode om de nesten te verwijderen is om deze op te zuigen in een giertank gevuld met water en daarna de nestrestanten verantwoord af te voeren. Het wegbranden van nesten wordt afgeraden. Bij verbranden van de spinselnesten met een gasvlam in de open lucht komen de brandharen namelijk vrij. Deze kunnen zich vervolgens met de wind tot op een afstand van vijftig tot honderd meter verspreiden.**

De eikenprocessierups heeft zich dit jaar weer verder verspreid en veroorzaakt op het moment op verschillende plaatsen in Nederland overlast. De rups komt nu ook voor in Zuid-Limburg, een gebied dat voorheen nog vrij was van deze rups. Verder wordt de eikenprocessierups waargenomen in een toenemend aantal plaatsen in Twente en de provincies Utrecht en Gelderland. Daarnaast verspreidt de rups zich naar het noorden en het westen van het land.

De overlast door de brandharen van de rups varieert per locatie. Veel overlast en gezondheidsklachten worden gemeld vanuit midden Gelderland en Limburg, met name in het gebied dat grenst aan Belgisch Limburg. Bij de bestrijding van de eikenprocessierups moet men rekening houden met het stadium waarin de rups zich bevindt. De rupsen zijn nu in het vijfde en zesde stadium en beginnen zich te verpoppen. Ze vormen op dit moment spinsel en verzamelen zich in nesten, waarin ook de verpopping plaatsvindt. Hierna verlaten ze als vlinder het nest. De nesten bevinden zich op de stam en de zwaardere takken van de eikenbomen en variëren in grootte van het formaat van een kleine tennisbal tot het formaat van een voetbal. Spuiten met een bestrijdingsmiddel is in het huidige stadium niet meer effectief. De oudere rupsen gaan hierdoor niet dood. Daar komt bij dat met bespuiten veel brandharen worden verspreid, wat de problemen voor de omgeving alleen maar verergert. In plaats daarvan moet men nu de rupsen mechanisch verwijderen door te zuigen. Met het opruimen van nesten vol rupsen en poppen wordt voorkomen dat de eikenprocessierupsen zich ook volgend jaar weer massaal kunnen ontwikkelen. Verwacht wordt dat de eerste vlinders door het warme weer al in juli zullen verschijnen. De Expertgroep eikenprocessierups adviseert daarom de nesten zoveel mogelijk vóór half juli op te ruimen. Bestrijders dienen zich bij het wegzuigen van de nesten te beschermen met goed afgesloten veiligheidspakken.

De brandharen die in grote aantallen in de nesten achterblijven, kunnen ook na het uitkomen van de vlinders nog

voor problemen zorgen, soms zelfs jarenlang. Het is daarom belangrijk dat het weghalen van de nesten ook na het uitkomen van de vlinders wordt voortgezet totdat alle nesten zijn opgeruimd. Dat geldt vooral op plaatsen waar overlast kan ontstaan doordat er mensen of dieren in de buurt zijn, zoals bij bebouwing, sport- en recreatieterreinen en langs druk bezochte wegen en paden. De expertgroep bestaat uit vertegenwoordigers van verschillende instanties zoals de Plantenziektenkundige Dienst van het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, Staatsbosbeheer, provincies, gemeenten, Rijkswaterstaat, GGD, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM).

Voor meer informatie over bestrijding en beheersing kunnen gemeenten, provincies en andere overheden zich wenden tot de Plantenziektenkundige Dienst via [pd.info@minlnv.nl](mailto:pd.info@minlnv.nl). Voor meldingen van overlast en gezondheidsvragen en -klachten kunt u contact opnemen met het Bureau Gezondheid, Milieu en Veiligheid van de GGD Brabant en Zeeland (0900-3686868). Particulieren met vragen over bestrijding en beheersing kunnen zich wenden tot hun gemeente.

*Bron: Persbericht Plantenziektenkundige Dienst, 20 juni 2007*

### **Vruchtboomkanker vroegtijdig op te sporen**

**Onderzoekers van PPO Fruit in Randwijk hebben een methode ontwikkeld waarmee vruchtboomkanker al in jonge appelbomen is op te sporen, zo meldt het vakblad 'Fruitteelt'.**

De boompjes worden in een klimaatcel geplaatst waarin de

omstandigheden voor ontwikkeling van de vruchtboomkanker-veroorzakende schimmel zo gunstig mogelijk worden gemaakt, zoals een hoge temperatuur en luchtvochtigheid. Een eventuele besmetting wordt binnen drie tot zes weken zichtbaar.

Met de test kunnen boomkwekers een kwaliteitsgarantie afgeven aan hun afnemers. Voor een garantie van minder dan 1,5% vruchtboomkanker is volgens onderzoeker Marcel Wenneker een steekproef van 200 bomen nodig. Hij tekent daarbij aan dat het onderzoek nog niet klaar is; deze zomer wordt bekeken of de voorspelde aantasting ook overeenkomt met de aantasting in de boomgaard.

*Bron: De Boomkwekerij, 19 juni 2007*

### **Knolcyperus op 38 nieuwe percelen**

**Knolcyperus is vorig jaar op 38 nieuwe percelen gevonden.**

Het teeltverbod, dat gedurende drie jaar geldt als het hardnekkige onkruid ergens is gevonden, is vorig jaar op 28 percelen opgeheven. "Het aantal besmette percelen vertoont een gestage toename", stelt Bert Waterink, beleidsmedewerker bij het Hoofdproductschap Akkerbouw.

Het teeltverbod gold eind vorig jaar voor 363 percelen met een totale oppervlakte van 437,41 hectare. Op 78 percelen waar een teeltverbod geldt, is vorig jaar geen nieuwe knolcyperus gevonden.

Een besmetting heeft grote gevolgen. Waterink: "Boeren mogen drie jaar geen akker- of

tuinbouwgewassen telen op het perceel. Afhankelijk van het aantal knolcyperus-planten, kan het verbod beperkt blijven tot 400 vierkante meter rond de plek waar knolcyperus is gevonden.”

Bron: n.a.v. Agrarisch Dagblad, 18 juni 2007

### **Voedselvergiftiging door Salmonella in slaplanten is te voorkomen**

**Kan sla, die wordt geteeld op met salmonellabacteriën besmette grond, zelf ook besmet raken? Michel Klerks, onderzoeker bij Plant Research International, onderdeel van Wageningen UR, ontdekte dat salmonellabacteriën zich zowel op als in de plant verspreiden. De inwendige verspreiding vergroot het risico op voedselvergiftiging. Voorkomen van salmonellabesmetting in slaplanten en het toepassen van moleculaire detectiemethoden bij het routinematig screenen op ziektekiemen in de voedselproductieketen, verkleinen de kans op voedselvergiftiging. Michel Klerks promoveert op 20 juni op dit onderzoek aan Wageningen Universiteit.**

Klerks onderzocht de fysiologische en moleculaire interacties tussen salmonellabacteriën en slarassen. Hij ontdekte dat salmonella zich actief kan verplaatsen naar de wortels van de

slaplant. Vervolgens vermenigvuldigt en verspreidt de bacterie zich over de plant. Verspreiding van de bacterie leidt niet tot zichtbare verschillen tussen gezonde en besmette planten, die op grond worden geteeld. Tijdens dit proces wordt het natuurlijke verdedigingsmechanisme van sla echter wel geactiveerd. Opvallend is dat de Salmonella niet alleen op de plant maar ook in de plant werd gevonden.

In het veld kan sla besmet worden door het gebruik van met salmonella- en *E. coli*-bacteriën besmette mest. Eerder onderzoek heeft aangetoond dat de kans op salmonellabesmetting kan worden verkleind door het verminderen van de hoeveelheid ziektekiemen in de mest van melkvee. Dit is mogelijk door de koeien meer stro of hooi te voeren. Ook het ontwikkelen van nieuwe slarassen met resistentie tegen de ziekteverwekkers kan het risico op besmetting verder verminderen. Hygiënemaatregelen na de oogst hebben weinig zin, omdat wassen van groente, die inwendig is besmet, de bacterie niet verwijdt.

Klerks richtte zich in zijn onderzoek ook op de ontwikkeling van gevoeliger en nauwkeuriger moleculaire detectiemethoden om kleine aantallen Salmonella-bacteriën en ziekteverwekkende *E. coli*'s vast te stellen. Door mest of bemeste grond te toetsen op de mate

van besmetting met *Salmonella* en/of *E. coli*, voordat de kiemplantjes worden geplant, kan een goede inschatting worden gemaakt op het risico van besmetting van het gewas. De methoden zijn ook na de oogst toe te passen in de routinematige diagnose van deze ziektekiemen in de voedselproductieketen. De analysetijd bij het testen van voedingsproducten met moleculaire methoden wordt gereduceerd tot twee dagen. De huidige standaardprocedures hebben hiervoor vijf dagen nodig.

Het Wageningen UR-onderzoek, waar het promotieonderzoek van Klerks deel van uit maakt, staat onder leiding van prof. Ariena van Bruggen, hoogleraar Biologische Landbouwsystemen van Wageningen Universiteit. Het onderzoek wordt gefinancierd door de Technolestichting STW en het Productschap Tuinbouw. Het onderzoek wordt uitgevoerd in samenwerking met de leerstoelgroep Biologische Landbouwsystemen en het Louis Bolk Instituut. Prof. Van Bruggen is ook promotor van Michel Klerks.

Michel Klerks promoveerde op 20 juni bij Wageningen Universiteit op zijn proefschrift: *Quantitative detection of Salmonella enterica and the specific interaction with Lactuca sativa*.

Bron: n.a.v. Persbericht Wageningen UR, 15 juni 2007

*De redactie van Gewasbescherming besteedt bij het verzamelen van de informatie voor de rubriek Nieuws aandacht en zorg aan de juistheid van deze informatie, maar kan deze niet garanderen. De items in de rubriek Nieuws geven de zienswijze van de betreffende bron weer en uitdrukkelijk niet die van de redactie of van de KNPV. De redactie is niet verantwoordelijk en/of aansprakelijk voor eventuele fouten en onvolkomenheden in de verstrekte informatie.*



# Agenda

## **Binnenlandse bijeenkomsten**

### **10-12 oktober 2007**

International postgraduate course Design of Experiments, Wageningen.

*Info:* Wageningen Business School; tel.: +31-317-484093; e-mail: info.wbs@wur.nl; website: www.wbs.wur.nl

### **20-24 april 2008**

12th International Symposium on Virus Diseases of Ornamental Plants (ISHS), Van der Valk Hotel Haarlem-Zuid, Haarlem.  
*Info:* ISVDOP12@wur.nl; website: <http://www.plant-virology.nl/ISVDOP12>

### **21-25 april 2008**

IOBC/WPRS Working Group 'Integrated Control in Protected Crops, Temperate Climate', Sint Michielsgestel, Nederland.

*Info:* Pierre Ramakers, Marieke van der Staaïj, Gerben Mes-selink; e-mail: Gerben.Mes-selink@wur.nl, Wageningen UR Greenhouse Horticulture; Jeroen van Schelt, Koppert Biological Systems. WG Convenor: Annie Enkegaard, Danish Institute of Agricultural Sciences; e-mail: annie.enkegaard@agrsci.dk; websites: <http://www.iobcgreenhouse2008.com>; <http://www.iobc-wprs.org/events/index.html>

### **22 mei 2008**

Gewasbeschermingsmanifestatie, Reehorst, Ede.

*Info:* Jan-Kees Goud; e-mail: jan-kees.goud@wur.nl

## **Buitenlandse bijeenkomsten**

### **9-14 September 2007**

'Carl Linnaeus – 30 Years'. Meeting of the IOBC/WPRS Working Group 'Pheromones and other Semiochemicals', Lund,

Sweden.

*Info:* Peter Witzgall, SLU, Box 44, 23053 Alnarp (Sweden)  
Tel.: +46 (0)40-415307, e-mail: peter.witzgall@ltj.slu.se  
Website: <http://phero.net/iobc>

### **18-20 september 2007**

2nd Symposium on Palaearctic Thysanoptera, Strunjan, Slovenië

*Info:* Dr. Stanislav Trdan, University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Agronomy, Jamnikarjeva 101, SI-1111 Ljubljana, Slovenia, tel.: 00386 1 423 11 61, ext. 225, fax: 00386 1 423 10 88, e-mail: stanislav.trdan@bf.uni-lj.si; website: <http://www.iobc-wprs.org/events/index.html>

### **21-26 september 2007**

International Workshop on Biological Control of Invasive Species of Forests in the United States and P.R. China, Beijing, P.R. China

*Info:* Yun Wu at ywu@fs.fed.us or (304) 285-1594, or Zhongqi Yang at yangzq@caf.ac.cn or 86 10 62889502.  
Website: <http://svinetfc2.fs.fed.us/biocontrol>

### **24-27 september 2007**

IOBC Working Group 'Integrated Plant Protection in Fruit Crops', Sub Group 'Soft Fruits', 6th Meeting at East Malling Research, Kent, Verenigd Koninkrijk.

*Info:* Jerry Cross, East Malling Research, East Malling, Kent, ME19 6BJ, Verenigd Koninkrijk, tel.: +44 (0) 1732 843833; e-mail: jerry.cross@emr.ac.uk; website: <http://www.iobc-wprs.org/events/index.html>

### **5-27 oktober 2007**

Meeting of the IOBC/WPRS Working Group 'Integrated Control in Viticulture', Marsala,

Sicily, Italy.

*Info:* S. Ragusa, ragusa@iobc-wg-viticulture.org and H. Tsolakis, tsolakis@iobc-wg-viticulture.org  
Convenor: G.C. Lozzia, giusepe.lozzia@unimi.it  
Website: <http://www.iobc-wg-viticulture.org>

### **8-12 oktober 2007**

ISHS Second International Symposium on Tomato Diseases. Kusadasi, Turkijë.

*Info:* Prof. Hikmet Saygili; e-mail: hikmet.saygili@ege.edu.tr; website: [www.2istd.ege.edu.tr/](http://www.2istd.ege.edu.tr/)

### **10-12 oktober 2007**

Meeting of the IOBC/WPRS Working Group 'Pesticides and Beneficial Organisms', Berlijn, Duitsland

*Info:* Dr. Heidrun Vogt, BBA, Institute for Plant Protection in Fruit Crops, Schwabenheimer Str. 101, D-69221 Dossenheim, tel. +49 (0)6221-86805-30, fax. +49(0)6221-86805-15; e-mail: H.Vogt@bba.de; Dr. Barbara Baier, BBA, Institute for Ecotoxicology and Ecochemistry in Plant Protection, Königin-Luise Str.19, D-14195, Berlijn, e-mail: B.Baier@bba.de; website: <http://www.iobc-wprs.org/events/index.html>

### **10-12 oktober 2007**

3rd Meeting of the IOBC/WPRS Working Group 'Integrated Protection of Olives Crops', Braganca, Portugal.

*Info:* Jose Alberto Pereira. CIMO/Escola Superior de Braganca, P.O. Box 1172, 5301-855 Braganca (Portugal); e-mail: jppereira@ipb.pt; website: <http://www.iobc-wprs.org/events/index.html>

### **11-23 oktober 2007**

XVII Conference of the International Organization of Citrus

AGENDA

Virologists. Adana-Antalya, Turkije.  
Scientific Program Committee:  
John V. da Graça, Nuria Duran-Vila en Pedro Moreno.

*Info:* Nuket Onelge, Cukurova University, Agricultural Faculty Plant Protection Department Balcali, 01330, Adana, Turkije; tel.: +90 322 338 73 56; fax: +90 322 338 64 37; e-mail: nuketon@cu.edu.tr

#### 15-18 oktober 2007

XVI International Plant Protection Congress; In association with the British Crop Protection Council (BCPC) International Congress - Crop Science & Technology 2007.

SECC, Glasgow, Verenigd Koninkrijk

*Info:* e-mail: md@bcpc.org; Website: <http://www.bcpc.org>

#### 15-19 oktober 2007

10th International Plant Virus Epidemiology Symposium. 'Controlling epidemics of emerging and established plant virus diseases - the way forward.'

International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT), Patancheru 502 324, Hyderabad, A.P, India.

*Info:* P. Lava Kumar, ICRISAT, p.lavakumar@cgiar.org; website: <http://www.ipve2007.net>

#### 21-26 oktober 2007

XIVth International Botrytis Symposium, Kaapstad, Zuid Afrika.

*Info:* e-mail: conf@conferencetal.co.za; tel.: +27 21 886 4496; fax: +27 21 883 8177

#### 22-25 oktober 2007

5th Meeting of the IOBC/WPRS Working Group 'Integrated Protection in Oak Forests', Tlemcen, Algerijë.

*Info:* Claire Villemant, Curator of Hymenoptera, MNHN Entomologie, ESA 8043, 45 rue Buffon, 75005 Parijs, Frankrijk; tel.: +33 (0)1 40 79 38 41; fax:

+33 (0)1 40 79 36 99; e-mail: villeman@mnhn.fr; website: <http://www.iobc-wprs.org/events/index.html>

#### 5-7 november 2007

Meeting of the IOBC/WPRS Working Group 'Integrated Control in Citrus Fruit Crops', Catania, Italië.

*Info:* Prof. Gaetano Siscaro, from the Dipartimento di Scienze e Tecnologie Fito-sanitarie, Sez. Entomologia agraria, University of Catania, Italië; websites: <http://www.iobc-wprs.org/events/index.html>, <http://www.iobc-wprs-citruswg.net/>

#### 12-15 november 2007

First Meeting of the International Phytoplasma Working Group. Aula Magna - Faculty of Agriculture University of Bologna, Viale G. Fanin 44-46, 40147 Bologna Italië.

*Info:* <http://www.ipwg.org/meeting.htm>

#### 13-16 november 2007

XX Congreso Venezolano de Fitopatología (20th Venezuelan Congress of Phytopathology). Yaracuy State, Venezuela.

*Info:* July Urdaneta, confito2007@inia.gob.ve or Jesus Alezones, jesus.alezones@danac.org.ve. Website: [www.sovefit.org](http://www.sovefit.org)

#### 19-21 november 2007

Third International Conference on Plant Pathology and 7<sup>th</sup> Biennial Meeting of Pakistan Phytopathological Society. University of Punjab, Lahore, Pakistan

*Info:* <http://www.pu.edu.pk/departments/default.asp?deptid=53>

#### 27-29 november 2007

First International Phytophthora capsici conference. Islamorada Fl. Keys, Verenigde Staten.

*Info:* Pam Roberts, pdr@ufl.edu. Website: <http://conferences.dce.ufl.edu/pcap>

#### 5-6 december 2007

Theoretical population ecology & practical biocontrol - bridging the gap, Studley Castle, Warwickshire, Verenigd Koninkrijk.

*Info:* Carol Millman, Association of Applied Biologists, c/o Warwick HRI, Wellesbourne, Warwick CV35 9EF, UK, Tel.: +44 (0)2476 575195; Fax: +44 (0)1789 470234; E-mail: carol@aab.org.uk Website: <http://www.aab.org.uk/contentok.php?id=46&basket=wwsshowconfdets>

#### 9-12 december 2007

Entomological Society of America 55th Annual Meeting: Making Connections Town and Country Hotel & Convention Center, San Diego, Californië

*Info:* [http://www.entsoc.org/annual\\_meeting/Future\\_meetings/index.htm](http://www.entsoc.org/annual_meeting/Future_meetings/index.htm)

#### 12-14 december 2007

National Soybean Rust Symposium. Louisville, KY. Verenigde Staten.

*Info:* Website: <http://www.aps-net.org/online/SBR/>

#### 26-27 februari 2008

CPNB 2008: The Dundee Conference: Environmental Management & Crop Protection. West Park Conference Centre, University of Dundee, Schotland

*Info:* <http://www.cpnb.org/>

#### 3-6 april 2008

Third International Late Blight Conference. Beijing, China.

*Info:* The global initiative on late blight (GILB), e-mail: glib@cgiar.org, Info: <http://research.cip.cgiar.org/typo3/web/index.php?id=1927>

**6-12 juli 2008**

International Congress of Entomology: 'Celebrating entomology: Contributions to modern science'.

*Info:* R.M. Crewe, Faculty of Natural and Agricultural Sciences University of Pretoria, Pretoria, 0002 Zuid-Afrika, tel.: +27 12 420 2478; fax: +27 12 420 3890; e-mail: robin.crewe@up.ac.za; website: <http://www.ice2008.org.za/Contacts.htm>

**13-18 juli 2008**

Fifth International Congress of Nematology, Brisbane, Australia.

*Info:* Mike Hodda, Chair, Organising Committee 5ICN, Nematode Biosystematics & Ecology, CSIRO Entomology, GPO Box 1700, Canberra, ACT, Australia; tel: +61 (02) 6246 4371; fax: +61 (02) 6246 4000; e-mail: mike.hodda@csiro.au; Sally Brown, PO Box 108, Kenmore, Qld, Australië 4069; tel.: +61 (0)7 3201 2808; fax: +61 (0)7 3201 2809; e-mail: sally.brown@uq.net.au; websites: <http://www.5icn.org/>; <http://www.ifns.org/>; <http://www.nematologists.org/>

**26-30 juli 2008**

Annual meeting of the American Phytopathological Society, Minneapolis Convention Center, Minneapolis, Minnesota.

*Info:* American Phytopathological Society, 3340 Pilot Knob Road, St. Paul, MN 55121-2097, Verenigde Staten; fax: (651) 454-0766; e-mail: [aps@scisoc.org](mailto:aps@scisoc.org)

**23-24 augustus 2008**

3rd International Phytophthora/Pythium Workshop. Turijn, Italië.

*Info:* Gloria Abad, [gloria.abad@aphis.usda.gov](mailto:gloria.abad@aphis.usda.gov) Website: [http://www.aphis.usda.gov/plant\\_health/identification/Phytophthora/](http://www.aphis.usda.gov/plant_health/identification/Phytophthora/)

**24-29 augustus 2008**

9<sup>th</sup> International Congress of Plant Pathology: ICPP 2008, Turijn Italië.

*Info:* website: <http://www.icpp2008.org>

**30 augustus-2 september 2008**

Tenth International Fusarium Workshop. Alghero, Sardinië, Italië.

*Info:* Website: [http://www.cdl.umn.edu/scab/10th\\_fhb\\_wkshp.htm](http://www.cdl.umn.edu/scab/10th_fhb_wkshp.htm). Quirico Migheli, [qmigheli@uniss.it](mailto:qmigheli@uniss.it) or Virgilio Balmas, [balmas@uniss.it](mailto:balmas@uniss.it) for more information.

**30 augustus-3 september 2008**

Eighth European Nitrogen Fixation Conference. Gent, België

*Info:* Website: <http://nfix2008.psb.ugent.be/>

**9-12 september 2008**

IOBC/WPRS Working Group 'Biological control of fungal and bacterial plant pathogens', 10<sup>th</sup> meeting of the phytopathogens group, Zwitserland. Organizing and Scientific committee: Brion Duffy, Christoph Keel, Sebastian Kiewnick, Monika Maurhofer, Cesare Gessler,

Yigal Elad.

*Info:* Brion Duffy, e-mail [duffy@acw.admin.ch](mailto:duffy@acw.admin.ch) (preferred way of communication); fax: +41 44 783 63 05; Agroscope ACW, Postfach 185, CH-8820 Wädenswil, Zwitserland

**22-26 september 2008**

Sixteenth Ornamental Workshop on Diseases and Pests. Hendersonville, NC.

*Info:* Mike Benson [mike\\_benson@ncsu.edu](mailto:mike_benson@ncsu.edu) Website: <http://www.cals.ncsu.edu/plantpath/activities/societies/ornamental/>

**4-7 november 2008**

Second International Symposium on Biological Control of Bacterial Plant Diseases. Orlando, Florida, Verenigde Staten.

*Info:* [jbjones@ufl.edu](mailto:jbjones@ufl.edu) Website: <http://grove.ufl.edu/~biocon/>

**16-18 november 2008**

Entomological Society of America Annual Meeting Reno-Sparks Convention Center, Reno, Nevada

*Info:* [http://www.entsoc.org/annual\\_meeting/Future\\_meetings/index.htm](http://www.entsoc.org/annual_meeting/Future_meetings/index.htm)

**13-17 december 2009**

Entomological Society of America Annual Meeting Indianapolis Convention Center Indianapolis, Indiana

*Info:* [http://www.entsoc.org/annual\\_meeting/Future\\_meetings/index.htm](http://www.entsoc.org/annual_meeting/Future_meetings/index.htm)



Van 3 tot 6 april 2008 vindt de **Third International Late Blight Conference** plaats in Peking, China. Deze, geheel aan Phytophthora gewijde, conferentie wordt georganiseerd door het **Global Initiative for Late Blight (GILB)**, het **International Potato Center (CIP)** en de **Chinese Academy of Agricultural Sciences (CAAS)**. Het thema 'Internationale Samenwerking aan Phytophthora-onderzoek' zal worden belicht in vijf sessies:

- Epidemiologie en ziektebeheersing
- Biologie en dynamiek van de ziekteverwekker
- Resistentieveredeling
- Moleculaire biologie van plant-pathogeeninteracties
- Chemische bestrijding

Meer informatie is terug te vinden op de website:

<http://research.cip.cgiar.org/typo3/web/index.php?id=1927>

[AGENDA