



Overzichtsrapportage 1998-2005 van primaire haarden en eerste aantastingen door *Phytophthora infestans*

In het kader van het
Masterplan Phytophthora en Parapluplan Phytophthora, DWK 427

Bert Evenhuis, Lo J. Turkensteen, Peter Raatjes & Wilbert G. Flier





Overzichtsrapportage 1998-2005 van primaire haarden en eerste aantastingen door *Phytophthora infestans*

In het kader van het
Masterplan Phytophthora en Parapluplan Phytophthora, DWK 427

Bert Evenhuis¹, Lo J. Turkensteen², Peter Raatjes³ & Wilbert G. Flier^{1,4}

¹ Plant Research International, Postbus 16, 6700 AA, Wageningen

² Soil & Crop Improvement, Postbus 427, 9400 AK, Assen

³ Dacom Plant Service BV, Postbus 2243, 7801 CE, Emmen

⁴ Current Adress: Fine Agrochemicals LTD Hill End House, Whittington Worcester WR5 2RQ UK

© 2007 Wageningen, Plant Research International B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Plant Research International B.V.

Omslag foto : Bert Evenhuis, Marieke Förch (PRI) & Lo Turkensteen (S & C)

Foto's binnenwerk : Lo J. Turkensteen (S & C) & Bert Evenhuis (PRI)

Plant Research International B.V.

Adres : Droevendaalsesteeg 1, Wageningen
: Postbus 16, 6700 AA Wageningen
Tel. : 0317 - 47 70 00
Fax : 0317 - 41 80 94
E-mail : info.pri@wur.nl
Internet : www.pri.wur.nl

Inhoudsopgave

	pagina
Samenvatting van resultaten en conclusies	1
1. Inleiding	5
2. Materiaal en methoden	7
3. Primaire haarden en eerste aantastingen, een algemeen beeld	9
4. Afvalhopen	13
5. Primeur teelten	15
6. Infectie vanuit de knol	19
Haarden en latent ziek pootgoed	19
Infectie van de poter	20
Infectie van de plant	20
7. Oösporen	23
8. Risico vroege haarden Phytophthora in aardappelen	27
9. Conclusies en aanbevelingen voor de praktijkstrategie ter beheersing van <i>Phytophthora infestans</i>	29
10. Literatuur	31
Bijlage I. Phytophthora infectierisico 2005	2 pp.
Bijlage II. Beslisboom Phytophthora	4 pp.

Samenvatting van resultaten en conclusies

De belangrijkste conclusie van het project 'Vroege Haarden Determinatie' is dat al zeer vroeg in het groeiseizoen, soms al in de eerste week na opkomst, infecties kunnen ontstaan als de weersomstandigheden gunstig zijn. Wachten met de eerste bespuiting als een kritieke periode wordt voorspeld is onverantwoord, ongeacht het gewasstadium. Een ander interessant resultaat van het project was het onverminderde belang van latent geïnfecteerde poters als bron van infectie.

In de periode 1998 t/m 2005 zijn in totaal 184 percelen met primaire haarden bezocht. Waarbij de meest waarschijnlijke oorzaak van de infectiehaard werd vastgesteld (Tabel 1, hoofdstuk 3). Meer dan 1000 isolaten werden over de jaren verzameld en opgenomen in de isolatencollectie van Plant Research International.

Het onderzoek werd geïnitieerd door het Masterplan Phytophthora, gefinancierd door het Hoofdproductschap Akkerbouw (HPA) en voortgezet in het Parapluplan Phytophthora, gefinancierd door het Ministerie van Landbouw, Natuur & Voedselkwaliteit. Informatie over aanwezigheid van vroege haarden werd aangeleverd door toeleveranciers, met name Cebeco Agrochemie, HLB, DLV, Dacom Plant Service BV en gewasbeschermingfirma's met toestemming van de betreffende telers, waarvoor onze dank.

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

Regio	Herkomst aantastingen als % van het aantal bezochte percelen per regio					Aantal percelen bezocht
	Pootgoed	Oösporen	Verre bron	Nabije bron	Onbekend	
Noordoost-Nederland	37	32	13	12	6	90
Zuidoost-Nederland	24	9	46	12	9	33
Noordwest-Nederland	26	0	41	30	4	27
Zuidwest-Nederland	53	0	32	15	0	34
<i>Gewogen gemiddelde</i> ^a	36	17	27	15	5	184

^a *Het percentage velden geïnfecteerd door een bepaalde bron, gebaseerd op 184 bezochte percelen.*

Vroeg in het seizoen worden voornamelijk haarden gevonden veroorzaakt door primaire bronnen zoals afvalhopen (opgenomen als onderdeel van nabije bron), pootgoed en oösporen. Later in het seizoen neemt het aandeel secundair geïnfecteerde percelen (*P. infestans* is van buitenaf komen aanwaaien) toe, waardoor het steeds moeilijker wordt de infectiebron te achterhalen. Inwaai (verre + nabije bron) wordt vaak veroorzaakt door infecties vanaf aangestaste afvalhopen (vroeg), opslagplanten (laat) en percelen (laat). Voor de bestrijding van Phytophthora op afvalhopen, in percelen en op aardappelopslag gelden bestrijdingsrichtlijnen volgens de HPA-verordeningen.

Aardappelafvalhopen (hoofdstuk 4) zijn al lang bekend als primaire bron van de aardappelziekte en relatief eenvoudig uit te schakelen. Sinds de start van het Masterplan Phytophthora nam het aantal overtredingen rond niet afgedekte

afvalhopen af. De laatste jaren lijkt het aantal niet-afgedekte afvalhopen zich te stabiliseren en wordt geen verdere afname waargenomen. Gezien de snelheid waarmee *Phytophthora* om zich heen kan grijpen is het onbegrijpelijk dat er nog steeds telers zijn die, zelfs na een waarschuwing, niet de moeite nemen passende (en verplichte) maatregelen te treffen (zie de HPA-verordening). Hiermee vormen deze telers niet alleen een gevaar voor de eigen aardappelteelt, maar, willens en wetens, ook voor die van de burens.

Primeurteelten onder plastic of folie (hoofdstuk 5) zijn kwetsbaar als het gaat om vroege infectie door *P. infestans*. Het gewas en de bodem blijven langer vochtig wat expressie van infectie vanuit de (latent zieke) knol stimuleert. Onduidelijk is in hoeverre oösporen hierbij een rol spelen. Omdat vaak korte rotaties gebruikt worden kunnen infecties vanuit oösporen niet op voorhand uitgesloten worden.

Door de bedekking is het lastig, maar niet onmogelijk, om een fungicidebehandeling uit te voeren. Een effectieve beheersing van de aardappelziekte is echter vereist omdat vanwege het gunstige gewasklimaat een snelle uitbreiding van de ziekte kan plaatsvinden. Zowel in 1999 als in 2005 heeft deze situatie zich voorgedaan. Een kritiek moment doet zich voor als plastic of folie verwijderd wordt. In sommige jaren kunnen dit type infecties belangrijke infectiebronnen voor zowel de directe als de wijde omgeving vormen. Passende maatregelen zijn hier noodzakelijk.

Infectie vanuit pootgoed (hoofdstuk 6) komt in alle regio's voor. Indien de omstandigheden gunstig waren voor knol-infectie tijdens de pootgoedteelt dan moet in de bestrijdingsstrategie rekening gehouden worden met een substantieel groter aandeel latent geïnfecteerde knollen in pootgoedpartijen.

Voorals de grond gedurende langere tijd nat of verzadigd is neemt het risico op infectie van de plant vanuit (latent) geïnfecteerde knollen toe. Infectie uit de knol komt meestal wat later (eind mei / begin juni) tot uiting als stengel-lesies. Om dit type aantasting te voorkomen geldt dat preventief ingegrepen moet worden met een middel met een curatieve of systemische werking met een goed effect op stengellesies.

Infecties vanuit oösporen (hoofdstuk 7) worden voornamelijk gevonden in Noordoost Nederland. Ook in andere gebieden kunnen infecties vanuit oösporen voorkomen, ook al komt dit slechts sporadisch voor. In Noordoost Nederland wordt met nauwe teeltrotaties gewerkt wat infectie door oösporen in de hand werkt. Daarnaast kunnen oösporen 4 jaar in zandgrond overleven tegen 3 jaar in kleigrond. Ook incomplete spuitschema's aan het eind van het seizoen dragen bij tot de problemen met oösporen. Opvallend is ook dat bij nauwe teeltrotaties de eerste infectie korter na het poten gevonden kan worden dan bij ruime vruchtwisseling. Dit fenomeen is grotendeels toe te schrijven aan het bodemgebonden inoculum (oösporen) van *P. infestans*. Infecties vanuit oösporen treden voornamelijk op na overvloedige regenval. Dit heeft een aantal keren geleid tot infecties van het gewas in de eerste week na opkomst. Hiermee moet in de beheersingstrategie rekening gehouden worden.

Opvallend is dat veel vroege haarden gevonden werden op percelen waarop nog geen bespuiting was uitgevoerd voorafgaand aan de eerste relevante kritieke periode van het seizoen (hoofdstuk 8). De eerste bespuiting werd in 83% van deze gevallen (n=49) gemist. Op een aanzienlijk deel van deze percelen (50%) had een bespuiting al in de eerste week na opkomst moeten plaatsvinden.

In veel gevallen bleek infectie vanuit oösporen de primaire oorzaak van aantasting. Gesteld kan worden dat bij de aanwezigheid van een sterke bron in de omgeving (afvalhoop, geïnfecteerd perceel) of in de grond (oösporen) de kans op infectie rond opkomst zeer reëel is. Hiermee moet in de bestrijdingsstrategie rekening worden gehouden.

Preventie is de belangrijkste beheersmaatregel voor de aardappelziekte (hoofdstuk 9). Dit betekent in de eerste plaats het voorkomen van vorming van inoculumbronnen en in de tweede plaats het zo goed mogelijk inperken en onschadelijk maken van onverhoopt toch optredende aantasting.

Als strategie vroeg in het seizoen geldt een combinatie van curatieve en preventieve maatregelen om latent aanwezige *Phytophthora* te bestrijden en nieuwe infecties van buitenaf te voorkomen. Als strategie later in het seizoen volstaan over het algemeen preventieve bespuitingen voorafgaand aan kritieke perioden.

Conclusies en aanbevelingen

- Timing van de eerste bespuiting is kritiek: bij 83% van de optredende vroege haarden (n=49) was deze bespuiting overgeslagen, ondanks een kritieke periode voor infectie door *P. infestans*. In sommige gevallen betekende dit dat al een bespuiting had moeten worden uitgevoerd in de eerste week na opkomst van het gewas.
- Infectie vanuit pootgoed/moederknollen komt in alle regio's voor en de expressie ervan is afhankelijk van de weersomstandigheden in het voorjaar.
- Infecties vanuit oösporen worden voornamelijk gevonden in Noordoost Nederland. Ook in andere gebieden kunnen infecties vanuit oösporen voorkomen, ook al komt dit slechts sporadisch voor.
- Latent geïnfecteerd pootgoed levert kwantitatief gezien de grootste bijdrage aan het ontstaan van vroege haarden
- De HPA verordening rond afvalhopen moet onverminderd van kracht blijven en nageleefd en gehandhaafd worden.
Er worden nog steeds niet afgedekte afvalhopen gevonden en de eerste meldingen van het seizoen betreffen vaak geïnfecteerde afvalhopen.
- Primeurteelten zijn 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.
- Een goede bestrijding van *P. infestans* in de pootgoedteelt kan (latente) infectie van pootgoed deels voorkomen.
- Indien de aanwezigheid van latent geïnfecteerd pootgoed vermoed wordt dient de bestrijdingsstrategie in de periode half mei – half juni hierop aangepast te worden.
- Vorming van oösporen moet zoveel mogelijk voorkomen worden door een goede bestrijding van *P. infestans*, ook later in het seizoen.
- Indien oösporen in het perceel aanwezig zijn dan verdient verruiming van de teeltfrequentie aanbeveling.
- Opslagplanten dienen goed bestreden te worden, omdat hierop massaal oösporen gevormd kunnen worden.
- Voor de aardappelziekte geldt dat preventie de belangrijkste beheersmaatregel vormt.

1. Inleiding

Voor het ontstaan van veldepidemieën van de aardappelziekte in de eerste maanden van het teeltseizoen worden meerdere vroege bronnen van infectie onderscheiden (met name geïnfecteerd pootgoed, oösporen en afvalhopen). Later komen daar infecties vanaf opslagplanten en percelen bij. Om de bestrijdingsstrategie te optimaliseren en te komen tot een voorspelling van de risico's op vroege uitbraken van *Phytophthora infestans* heeft van 1998 – 2005 haardendeterminatie plaats gevonden (Mulder & Turkensteen, 1999; Baarlen & Raatjes, 2001; Turkensteen, 2003; Turkensteen *et al.*, 2004, - 2005; Evenhuis *et al.*, 2006). Het onderzoek werd geïnitieerd door het Masterplan Phytophthora, gefinancierd door het Hoofdproductschap Akkerbouw (HPA) en voortgezet in het Parapluplan Phytophthora, gefinancierd door het Ministerie van Landbouw, Natuur & Voedselkwaliteit. Informatie over aanwezigheid van vroege haarden werd aangeleverd door toeleveranciers, met name Cebeco Agrochemie, HLB, DLV, Dacom Plant Service BV en gewasbeschermingfirma's met toestemming van de betreffende telers, waarvoor onze dank.

Doelstelling van het project was het jaarlijks in kaart brengen van de belangrijkste bronnen van vroege infecties in praktijkpercelen op regionaal niveau. Daarnaast werd een database opgezet met de beschikbare gegevens vanaf 1999. Informatie uit de vroege haarden survey werd gebruikt voor het maken van de jaarrond bestrijdingsstrategie Phytophthora, uitgegeven door het Masterplan Phytophthora (LTO-Nederland, 2005; -, 2006) en voor lezingen en publicaties in verslagen en vakbladen (Turkensteen *et al.*, 2001; Turkensteen *et al.*, 2002; Förch *et al.*; 2004).

2. Materiaal en methoden

Vanaf 1998 tot en met 2005 is jaarlijks vastgesteld wat de primaire oorzaak van *P. infestans* in aardappelpercelen is geweest. Niet elk jaar werden evenveel percelen bezocht. Ook zijn er grote regionale verschillen in het aantal gerapporteerde meldingen. Kwantitatieve gegevens over 1998 ontbreken. In de jaren 2003 t/m 2005 werden additioneel zoveel mogelijk gegevens verzameld over teeltmaatregelen.

Aantastingen door *P. infestans* die vroeg in het seizoen optraden werden centraal gemeld door toeleveringsbedrijven, voorlichters, providers van waarschuwingssystemen en anderen. Indien de teler toestemming gaf werd het betreffende perceel bezocht door een specialist. Deze ging, vaak samen met de teler, de situatie in het veld bekijken en analyseren. Beoordeling van de primaire oorzaak van infectie door *P. infestans* gebeurde visueel. Op basis van aantastingspatronen werd de meest waarschijnlijke oorzaak vastgesteld. Aspecten die bekeken werden zijn:

- Het aantal haarden in het veld
- De grootte van de haarden (in oppervlak en aantallen lesies)
- De plaats van de aantasting in de plant (boven, onder)
- Het geïnfecteerde plantendeel (blad, stengel, moederknol)
- De ouderdom van de aantastingen (aantal generaties lesies in een haard)
- Aantal bladlagen van aangetaste en gezonde stengels
- Spuitschema
- Rotatieschema + voorvruchten
- Aanwezigheid van aardappelopslag in het verleden
- Aanwezigheid van Phytophthora-rot in pootgoed of bewaring.
- Weersomstandigheden voorafgaand aan de melding

Ter plaatse werden aangetaste plantendelen verzameld. Plant Research International isoleerde uit de aantastingen *P. infestans*. De verkregen isolaten werden opgenomen in de isolatencollectie ten behoeve van onderzoek en voor uitgifte aan bijvoorbeeld veredelingsbedrijven. Daarnaast werden de isolaten (genetisch) gekarakteriseerd door bepaling van:

- Paringstype (A1, A2)
- Haplotype
- AFLP-patroon

Analyse van de genetische achtergrond werd gebruikt om de visuele waarneming te ondersteunen. Door middel van combinatie van de gegevens werd de meest waarschijnlijke bron vastgesteld. Primaire bronnen die werden onderscheiden waren:

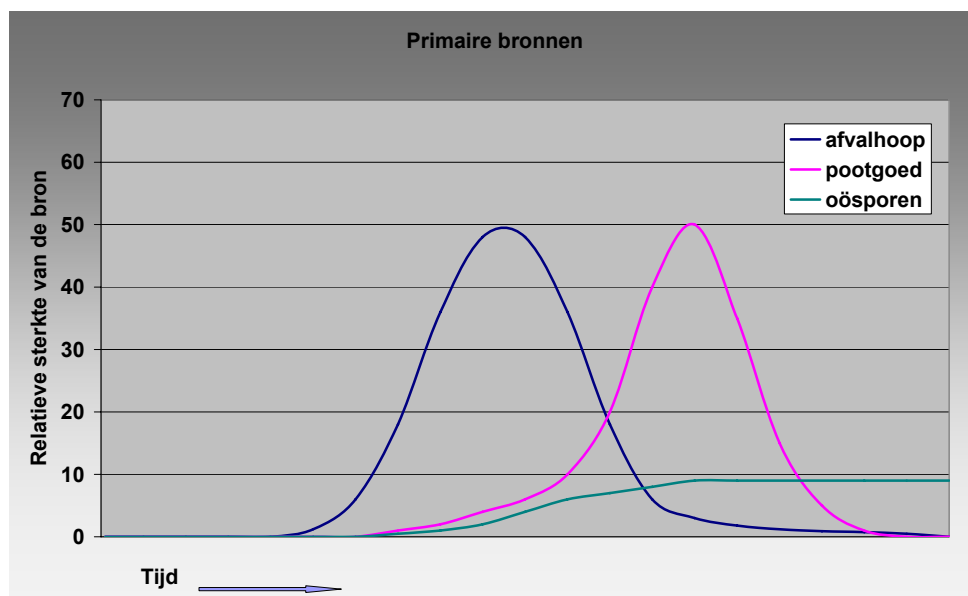
- Latent geïnfecteerd pootgoed
- Oösporen
- Inwaai (verre of nabije bron)
- Niet te determineren of onbekend

In geval van een nabije bron is er in de buurt van het perceel daadwerkelijk een bron gevonden (afvalhoop, buurperceel, opslagplanten, etc.) die zeer waarschijnlijk aantasting in het perceel heeft veroorzaakt. Bij een verre bron is geen potentiële infectiebron gevonden. Daarnaast is de ruimtelijke verdeling van lesies over het perceel verschillend tussen percelen geïnfecteerd vanuit een nabije bron en vanuit een bron op afstand.

Per jaar werd een rapport geschreven waarin de belangrijkste bevindingen werden vermeld (Mulder & Turkensteen, 1999; Baarlen & Raatjes, 2001; Turkensteen, 2003; Turkensteen *et al.*, 2004, - 2005; Evenhuis *et al.*, 2006).

3. Primaire haarden en eerste aantastingen, een algemeen beeld

Afvalhopen, latent ziek pootgoed en oösporen zijn belangrijke potentiële vroege inoculum bronnen. Hieruit kunnen in een nieuw groeiseizoen Phytophthora-epidemieën ontstaan (Tabel 2). Aangetaste aardappelen onder plastic kunnen de ziektedruk vroeg in het seizoen fors verhogen. Aardappelopslag kan als aanjager dienen voor de aardappelziekte epidemie. Figuur 1 geeft een schematische weergave over grofweg de eerste helft van het groeiseizoen m.b.t. wanneer infectie vanuit de verschillende primaire bronnen over het algemeen verwacht mag worden.

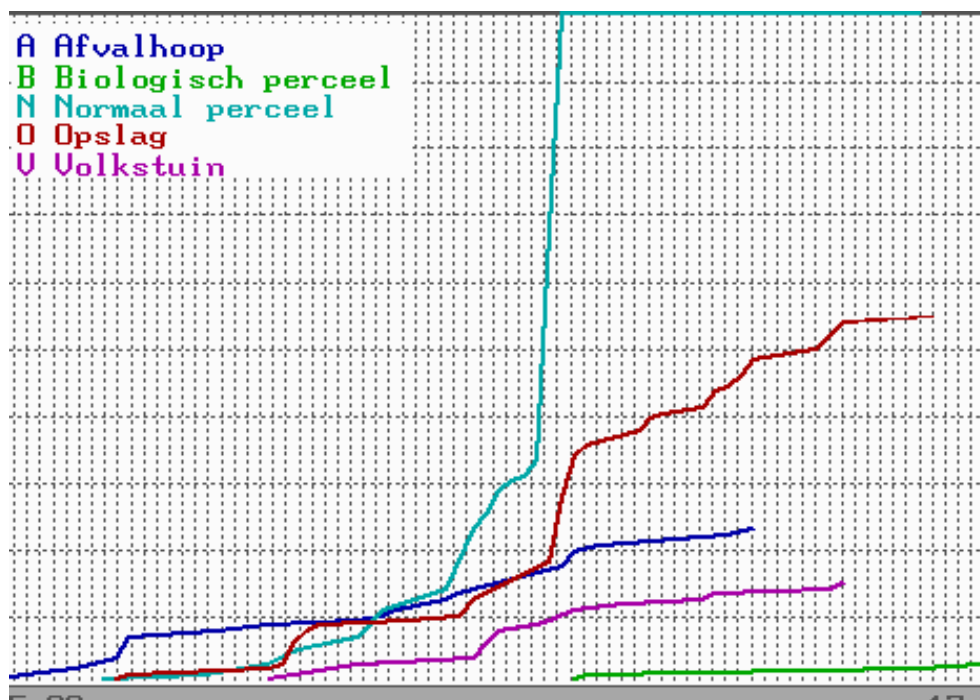


Figuur 1. Tijd in het jaar waarin infectie vanuit de verschillende inoculumbronnen verwacht mag worden.

In de loop van het seizoen neemt de kans op infectie vanuit secundaire bronnen, zoals andere percelen en opslag planten toe, waardoor de invloed en de herkenbaarheid van primaire bronnen afneemt. Figuur 2 geeft een overzicht van de vindplaatsen van de aardappelziekte in de loop van de tijd (Hadders, 2003). Hieruit is af te leiden dat het belang van latent ziek pootgoed toeneemt als de eerste belangrijke bron 'afvalhopen' door passende maatregelen geëlimineerd worden.

Figuren 1 & 2 laten zien dat afvalhopen meestal de vroegste primaire bronnen zijn, gevolgd door infecties vanuit meestal de knol in normale percelen en opslagplanten. Dit is in overeenstemming met de bevindingen van Zwankhuizen *et al.* (1998). Volkstuinen en biologische percelen komen pas later in de tijd en spelen als primaire bron een geringe rol. Wel kunnen ze later in het seizoen de epidemie aanzienlijk versnellen (Zwankhuizen *et al.*, 1998) en de algemene ziektedruk verhogen, door een overvloedige sporenproductie. Excessieve haarden dienen dan ook zoveel mogelijk voorkomen te worden, danwel volgens de betreffende HPA – verordening tijdig vernietigt te worden.

Tabel 2 geeft per regio een overzicht over de bijdrage van de verschillende bronnen aan de start van de Phytophthora-epidemie in de periode 1999 - 2005. Opvallend is dat in Noordoost Nederland oösporen een groot deel van de primaire haarden initiëren terwijl in Zuidwest Nederland vooral pootgoed een belangrijke infectiebron is. In Zuidoost Nederland en Noordwest Nederland inclusief de polders lijkt inwaai vanuit primaire en secundaire bronnen in de omgeving een belangrijke oorzaak voor de infectie van het gewas door *P. infestans*.



Figuur 2. Waarnemingen van de aardappelziekte in de periode 1999 – 2002 zoals vastgelegd door Dacom Plant Service BV (Hadders, 2003).

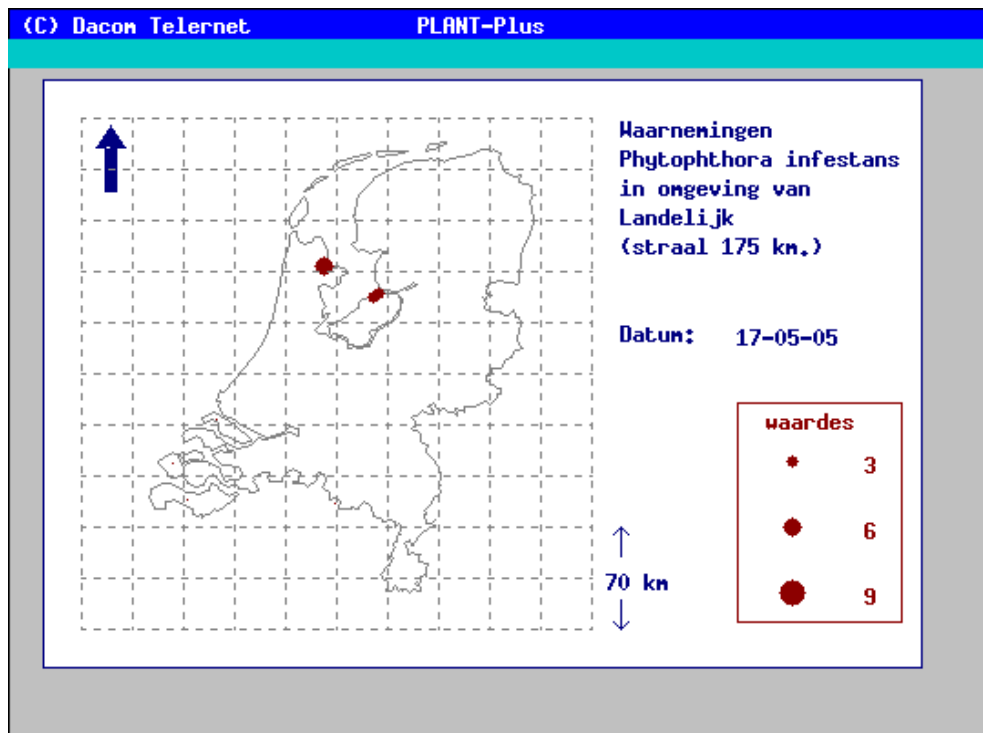
Het ontbreken van infecties vanuit oösporen in Noordwest en Zuidwest Nederland geeft aan dat de kans op infecties vanuit oösporen in deze gebieden klein is, maar niet afwezig. Opgemerkt moet worden dat per regio lang niet alle velden met aantasting konden worden bezocht doordat medewerking niet vanzelfsprekend was.

Tabel 2. *Overzicht van primaire infectiebronnen van de aardappelziekte per regio zoals waargenomen in de vroege haarden surveys. Resultaten gebaseerd op waarnemingen van 1999 t/m 2005.*

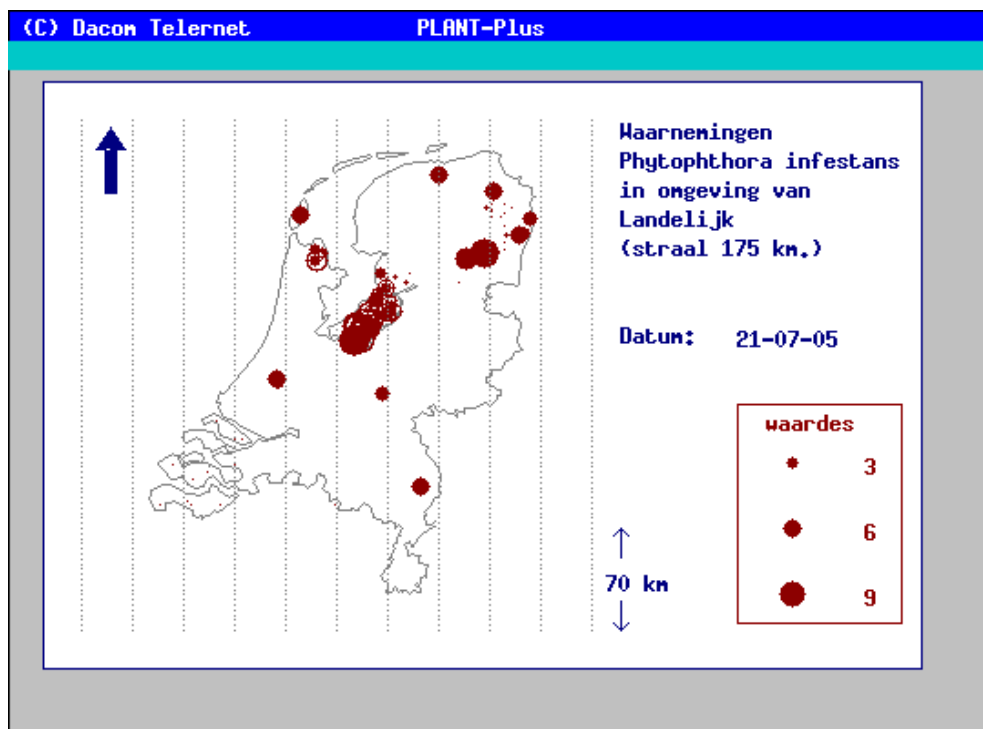
Regio	Herkomst aantastingen als % van het aantal bezochte percelen per regio					Aantal percelen bezocht
	Pootgoed	Oösporen	Verre bron	Nabije bron	Onbekend	
Noordoost-Nederland	37	32	13	12	6	90
Zuidoost-Nederland	24	9	46	12	9	33
Noordwest-Nederland	26	0	41	30	4	27
Zuidwest-Nederland	53	0	32	15	0	34
<i>Gewogen gemiddelde^a</i>	36	17	27	15	5	184

^a Het percentage velden geïnfecteerd door een bepaalde bron, gebaseerd op 184 bezochte percelen.

Haardenkaartjes geven een indruk van de aanwezige *P. infestans* aantastingen in een gebied. Figuren 3 & 4 geven als voorbeeld een overzicht van de situatie op 17 mei en 21 juli 2005.



Figuur 3. De landelijke spreiding van gemelde *Phytophthora* haarden op 17 mei 2005.



Figuur 4. De landelijke spreiding van gemelde *Phytophthora* haarden op 21 juli 2005.

4. Afvalhopen

Dat afvalhopen kunnen dienen als primaire bron voor de verspreiding van *P. infestans* (Hänni, 1949) is van oudsher bekend. Bonde & Schultz (1954) toonden in de jaren 50 al een verband aan tussen het aantal geïnfecteerde planten en de afstand tot een niet afgedekte afvalhoop met sporulatie door *P. infestans* (Tabel 3; Anonymous, 2006). Zwankhuizen en anderen (1998) legden in de periode 1994-1996 bij 74% van de velden met een vroege *P. infestans* bron in Zuidelijk Flevoland een verband met een afvalhoop in de omgeving.

Zieke uitgeselecteerd knollen die op een afvalhoop terecht komen vormen de aanjagers van de Phytophthora-epidemie vanuit deze bron.

Tabel 3. De mate van aantasting door P. infestans in relatie tot de afstand van een aardappelafvalhoop, naar Bonde & Schultz (1954) overgenomen uit Aardappelwereld magazine 2006.

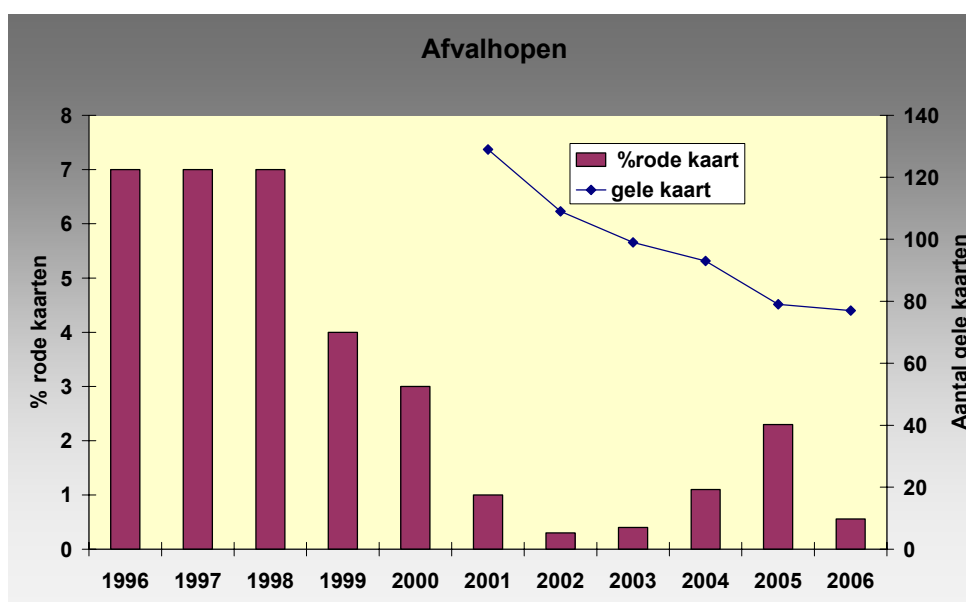
Afstand tot afvalhoop (meters)	Percentage zieke planten	Aantal vlekken per 100 planten
30	98	293
60	55	93
90	21	31
120	6	9
150	0	0
180	1	1



Figuur 5. Afvalhoop met door P. infestans aangetaste planten, van waaruit het buurperceel mogelijk werd geïnfecteerd.

Tijdens de survey naar primaire bronnen werden ook regelmatig niet afgedekte afvalhopen geconstateerd. In een aantal gevallen werd ook *P. infestans* op de aardappelhopen gevonden. De eerste Phytophthorameldingen in het seizoen kwamen meestal van aardappelafvalhopen. Daarmee vormen ze een van de eerste en dus belangrijkste primaire bronnen voor de aardappelziekte. In 2005 werd via AFLP – analyse aannemelijk gemaakt dat sporulerende *Phytophthora* afkomstig van een aardappelafvalhoop (Figuur 5) een naast gelegen perceel had geïnfecteerd (Evenhuis *et al.*, 2006).

De HPA verordening Phytophthora stelt dat afvalhopen afgedekt moeten worden vóór 15 april om verspreiding van *Phytophthora* tegen te gaan. Sinds de start van het Masterplan Phytophthora was er een afname te zien van het aantal overtredingen (Figuur 6). Echter de laatste jaren lijkt er sprake te zijn van stagnatie. Wel worden de meeste afvalhopen binnen 24 uur na constatering van de overtreding alsnog afgedekt.



Figuur 6. Aantallen gele kaarten en het % rode kaarten in de laatste 11 jaar, bron B. Kimmann, HPA.

Aardappelafvalhopen zijn een relatief eenvoudig uit te schakelen primaire bron van de aardappelziekte. Het is daarom onbegrijpelijk dat er nog steeds telers zijn die, zelfs na een waarschuwing, niet de moeite nemen passende maatregelen te treffen. Hiermee vormen ze niet alleen een gevaar voor de eigen aardappelteelt, maar, willens en wetens, ook voor die van de burens.

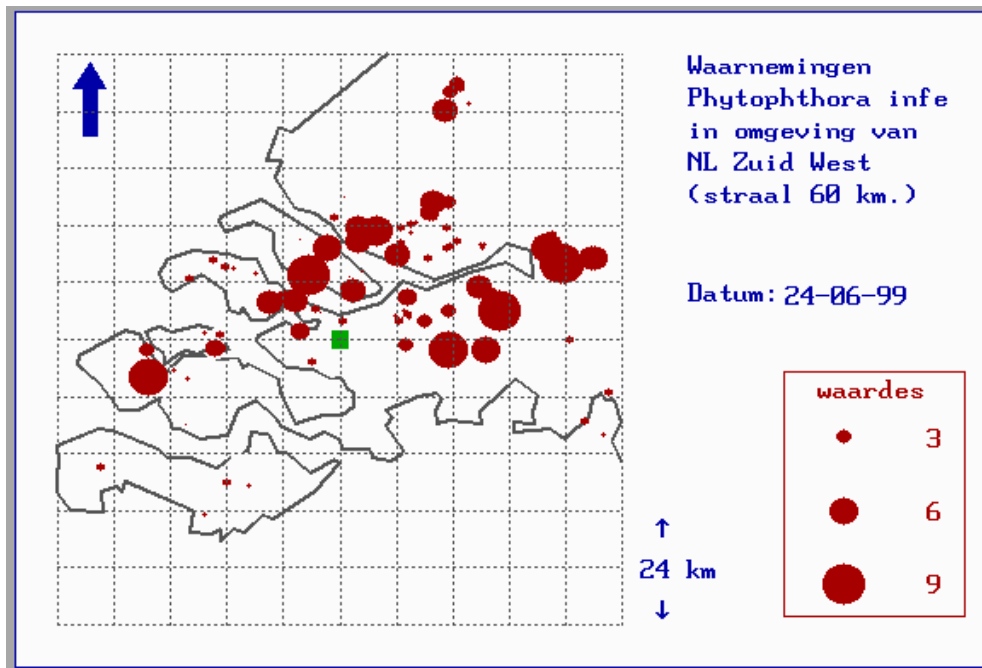
5. Primeur teelten

Een bijzondere vroege bron vormen soms de primeurteelten. Teelten onder plastic of folie staan vroeg op het veld en worden vaak niet gespoten tegen de aardappelziekte voordat de bedekking wordt verwijderd. Daarmee zijn deze teelten kwetsbaar voor aantasting door *P. infestans*. Vooral als in het pootgoed door *Phytophthora* aangetaste knollen aanwezig zijn is sprake van een risicosituatie. Onder folie blijft het gewas langer vochtig en zijn de temperaturen hoger dan in de omgeving, waardoor infectie risico's moeilijk betrouwbaar te bepalen zijn aan de hand van standaard weergegevens en de risico's groter zijn dan in onbedekte percelen. Vooral in jaren met veel neerslag vroeg in het seizoen is de kans op infectie vanuit de poter in deze percelen aanwezig (Figuur 7). Mogelijk kunnen, vanwege de korte rotaties, ook oösporen een rol spelen bij de infectie van het gewas. Naast het feit dat de omstandigheden gunstiger zijn voor *Phytophthora* komt, door het karakter van de teelt, aantasting onder folie ook vroeger tot uiting. Aanwijzingen dat primeurteelten op deze wijze als vroege bron kunnen dienen voor percelen in de omgeving werden gevonden in 1999 (Mulder & Turkensteen, 1999; Hadders 2003) en 2005 (Evenhuis *et al.*, 2006). Figuur 8 is een illustratie hiervan en geeft de situatie in Zuidwest Nederland weer in 1999, zoals uit de haardmeldingen van dat jaar naar voren kwam.



Figuur 7. Aangetaste aardappelplanten met lesies op de stengels en bladsteeltjes veroorzaakt door P. infestans zoals te vinden in een perceel primeurteelt nadat de bedekking verwijderd was in 2005.

Het verdient aanbeveling primeurteelten onder plastic regelmatig te controleren op aantasting. Hoewel het ontstaan van aantasting vanuit zieke poters waarschijnlijk niet voorkomen kan worden is het wel mogelijk uitbreiding van de ziekte tegen te gaan door toepassing van fungiciden (protectants) over het plastic of folie heen. Momenteel is nog onbekend welke middelen het meest effectief zijn en wat het beste tijdstip en wijze van toepassing is.



Figuur 8. Door P. infestans aangetaste velden in 1999 in Zuid West Nederland, vastgelegd door Dacom Plant Service BV. De grootte van de cirkel geeft de ernst van de aantasting in het veld weer. Een zwaar aangetast perceel onder plastic ten noorden van Voorne Putten heeft mogelijk als primaire bron gefungeerd voor een groot deel van zijn omgeving (Hadders, 2003).

6. Infectie vanuit de knol

Haarden en latent ziek pootgoed

Eén van de eerste bevindingen van het Masterplan Phytophthora waren relatief laat optredende haarden (half mei – half juni) gekenmerkt door een opvallende opbouw. In het centrum van de haard bevond zich een volledig zieke plant met tal van stengellessies (Figuur 7). Ook de moederknol van een dergelijke plant bleek aangetast door *P. infestans*. De rest van de haard (100 m² of groter) was gekenmerkt door aanwezigheid van één tot twee generaties bladlessies. Dit type haard wijkt af van haarden ontstaan uit een enkele infectie van het blad of de stengel. De opbouw van dit laatste type haarden is veel geleidelijker met meerdere generaties blad- en stengellessies, met leeftijden van enkele dagen tot enkele weken, en afwezigheid van een centraal zieke plant.

De oorsprong van de infectie van het afwijkende haardtype werd al gauw aan latent geïnfecteerd pootgoed toegeschreven. Deze conclusie werd ondersteund door resultaten uit Duitsland, waaruit bleek dat de *P. infestans* in knollen, spruiten en uitgegroeide stengels symptoomloos (latent) aanwezig kon zijn (Adler, 2001). Planten opgekweekt uit latent zieke knollen werden onder vochtige omstandigheden acuut ziek waarbij de symptomen vergelijkbaar waren met bovengenoemde zieke planten in het centrum van een haard.

De betreffende knollen worden latent besmet, latent geïnfecteerd of latent ziek genoemd en in verband hiermee wordt van latent besmet pootgoed gesproken. Hoewel al lang bekend is dat *P. infestans* met pootgoed over gaat, waren hier tot 2000 weinig velddata over beschikbaar. Niemand had er mee gerekend dat pootgoed infecties zo laat in het seizoen tot uiting komen met stengellessies als meest typische symptoom.

Dat dit type haarden voorheen weinig aandacht kreeg had twee oorzaken:

- 1) Haarden ontstaan vanuit afvalhopen traden veel vroeger in het groeiseizoen op en 2) kwamen veel vaker voor dan haarden uit besmet pootgoed. Ten tijde van het Masterplan Phytophthora nam besmetting van percelen vanuit afvalhopen sterk af (Figuur 6), waardoor de 'pootgoedhaarden' duidelijk in beeld kwamen. De vraag of door het optreden van de 'pootgoedhaarden' de bestrijding van 'afvalhoophaarden' niet of minder zinvol is geworden kan met 'nee' beantwoord worden. Hiervoor zijn verschillende redenen:
 - 1) Naarmate er meer bronnen van primair inoculum wegvallen komt er vroeg in het seizoen minder inoculum beschikbaar wat het aantal optredende vroege veldaanastingen verminderd.
 - 2) De eerste effectieve besmettingsbronnen (afvalhopen) dragen relatief veel bij aan de epidemieën.
 - 3) 'Pootgoedhaarden' waren voor het Masterplan Phytophthora ook aanwezig maar treden later op waardoor ze zijn overschaduwd door de vroeger optredende afvalhoop haarden.
 - 4) De verkregen kennis over pootgoed als inoculumbron is belangrijk voor de aanscherping van de bestrijdingsstrategie. Ziektevoorspellingssystemen gaan standaard uit van aantasting van buiten het veld. Voor een doeltreffende advisering door de verschillende waarschuwingssystemen mogen geen potentieel sterke bronnen in het perceel onbemerkt aanwezig zijn. Hoewel het niet bekend is hoe latente infecties over gaan tot actieve infecties is de timing hiervan wel redelijk bekend en kan daarmee rekening worden gehouden. Bij vermoeden van risico op latente infecties van pootgoed kan de teler zelf de aanwezigheid van ziektedruk in het veld in het ziektevoorspellingssysteem invoeren en wordt bij de advisering rekening gehouden met ziektedruk in het veld of de in de omgeving.

Het belang van pootgoedhaarden zal relatief toenemen naarmate andere primaire bronnen beter uitgeschakeld worden. Infectie vanuit de knol (Figuur 9) komt meestal tot uiting in de 2^e helft van mei en begin juni. Bij primeurteelten onder plastic of folie kan dit al eerder in het jaar zijn (hoofdstuk 5). Bepalend voor het risico op infectie vanuit de knol zijn:

1. Potentieel aandeel latent geïnfecteerde poters wat beïnvloedt wordt door:
 - a. Omstandigheden tijdens de knolvullingsfase van het pootgoed in het voorafgaande seizoen.
 - b. Omstandigheden waaronder het pootgoed gerooid en bewaard is, als maat voor het percentage latente infecties.

- c. Het aandeel zichtbare infecties bij de oogst en de bewaring kan als maat voor het aandeel latent geïnfecteerde poters beschouwd worden.
2. Weersomstandigheden in de eerste helft van het nieuwe groeiseizoen; i.e. de kans dat latente infectie leidt tot een aangetaste plant wordt groter naarmate het natter is.

Infectie van de potter

Praktisch gezien kan er aantasting van het uitgangsmateriaal optreden indien er *Phytophthora* in het gewas is en er sprake is van gunstige weersomstandigheden voor het vormen en afspoelen van sporangiën en / of zoosporen. In Schotland gaat men er vanuit dat knolinfectie optreedt als er meer dan 13 mm regen valt (Soulice *et al.*, 2006). Uit kasexperimenten blijkt dat sporangiën al bij veel minder regen afspoelen (niet gepubliceerd Evenhuis & Kessel, 2006). De kans op infectie van de knollen is groter naarmate er meer neerslag valt tijdens de knolvullingsfase en naarmate er meer gaten vallen in het spuitschema en dientengevolge loofaantasting optreedt. Waarschijnlijk wordt een belangrijk deel van de infectie van de knol nog veroorzaakt bij het rooien. Indien sporen in de grond aanwezig zijn en er onder vochtige omstandigheden gerooid wordt bestaat de mogelijkheid dat het pootgoed op deze wijze besmet en vervolgens geïnfecteerd raakt. Kwantitatieve gegevens hierover ontbreken tot op heden.



Figuur 9. Moederknol met lichte *P. infestans* aantasting.

Infectie van de plant

Indien in het pootgoed door *Phytophthora* aangetaste knollen zijn gevonden dan moet er rekening mee worden gehouden dat in de pootgoedpartij nog meer latent aangetaste knollen aanwezig zijn. Of een latent besmette knol ook daadwerkelijk een primair aangetaste plant oplevert hangt af van de omstandigheden in het vroege voorjaar. Een praktische vuistregel die in Duitsland wordt gehanteerd is dat als een perceel een week niet te berijden is door overvloedige regenval, dat er 8 tot 10 dagen later *Phytophthora* optreedt (Adler, 2001; Hausladen, 2002). Hierbij wordt er vanuit gegaan dat infectie uit de knol afkomstig is, hoewel dit ook het gevolg kan zijn van een onbeschermde periode in combinatie met nieuwe groei en een bron van buitenaf.

Infectie vanuit de knol zou optreden als tussen opkomst en rijsluiting van het gewas 5 tot 7 dagen een hoog bodemvochtgehalte aanwezig is (Adler, 2001). Een hoog bodemvochtgehalte ontstaat als er meer neerslag valt dan het gewas kan verdampen. In de praktijk zal dat waarschijnlijk neerkomen op meer dan 15 tot 25 mm per week afhankelijk van de referentie gewasverdamping. Daarnaast bepaalt het waterbergend vermogen van de bodem (en dus grondsoort) hoe snel deze bij een surplus aan neerslag verzadigd raakt. Dit wordt bevestigd door kas-experimenten waaruit blijkt dat stengelaantasting vanuit de knol op zwaardere gronden gemakkelijker optreedt dan op lichte gronden (Bässler *et al.*, 2002).

Tabel 4. *Overzicht van het aantal beoordeelde aantastingen in de verschillende rassen, naar aard van de primaire bron, gegevens 2002 t/m 2005^a.*

Ras	Resistentiecijfer ^b		<i>P. infestans</i> bron		
	Loof	Knol	Pootgoed	Oösporen	Inwaai
Opperdoezer ronde	?	?	3	-	3
Russet Burbank	4	3	-	-	1
Eigenheimer	4.5	4	1	-	-
Bintje	3	4.5	1	1	13
Spunta	5	4.5	1	-	-
Premiere	2.5	5	3	2	3
Lady Olympia	3	5	-	-	2
Agata	6	5	-	-	-
Karakter	6	5	1	1	-
Felsina	3.5	5.5	5	1	-
Frieslander	3.5	6	4	-	3
Mondial	4.5	6	-	-	1
Victoria	6.5	6	-	-	2
Kantara	7	6	1	-	-
Karnico	8	6	1	4	-
Berber	2.5	6.5	-	-	1
Fontane	4.5	6.5	1	-	-
Nicola	4.5	7	-	-	1
Ditta	5	7	-	-	1
Doré	2.5	7.5	2	-	-
Liseta	2.5	7.5	-	-	1
Agria	5.5	7.5	2	-	1
Aveka	7	7.5	2	-	-
Mercator	8	7.5	3	6	2
Fresco	3	8	1	-	-
Ajiba	7	8	1	-	-
Seresta	7	8	2	7	5
Asterix	5	8.5	1	1	-
Katinka	6.5	9	-	-	1
Festien	8	9	-	-	1

^a : Van de jaren 1998, 1999, 2000 en 2001 zijn geen rasgegevens bekend.

^b : Cijfers voor loof- en knolresistentie zijn afkomstig uit 81^e rassenlijst (2006); cursief gedrukte cijfers zijn afkomstig uit andere bronnen.

^c : Opperdoezer Ronde is een aardappelras dat niet als zodanig is aangemeld voor de rassenlijst en daardoor niet getoetst is op resistentie tegen *P. infestans*.

Daarnaast blijkt dat op lemig zand geen aantasting gevonden wordt op de stengels als de grond 2 of 4 dagen vochtig is, maar wel na 8 dagen met verzadigde grond (Bässler *et al.*, 2002). Een eenduidig antwoord op de vraag hoeveel neerslag er moet vallen voor risico op expressie van aantasting vanuit de knol is niet te geven omdat dit samenhangt met de doorlatendheid van de grond en de neerslaggeschiedenis in het vroege voorjaar.

In rassen als Felsina en Frieslander werd relatief vaak aantasting vanuit de knol waargenomen (Tabel 4). Dit zijn beide rassen met een relatief laag loof-resistentiecijfer en een gemiddelde resistentie tegen *P. infestans* in de knol. Echter bij een ras als Bintje, wat ook enigszins aan deze voorwaarden voldoet was aantasting vanuit de knol relatief zeldzaam. Ontleding van het resistentiecijfer in de verschillende resistentiecomponenten kan mogelijk een verklaring geven voor dit verschijnsel.

7. Oösporen

Infectie vanuit oösporen is slechts indirect aantoonbaar omdat oösporen niet of nauwelijks terug te vinden zijn in de grond. Aantasting aan de basis van de plant (Figuur 10) en veel hardjes van kleine omvang (één of enkele planten per hard) zijn de belangrijkste aanwijzingen dat oösporen de oorzaak zijn van primaire infectie. Bij een infectie vanuit oösporen worden vaak veel planten verspreid over het veld op hetzelfde moment aangetast, in tegenstelling tot een infectie vanuit latent pootgoed, dat meestal een lokaal karakter heeft en leidt tot typische hardvorming.



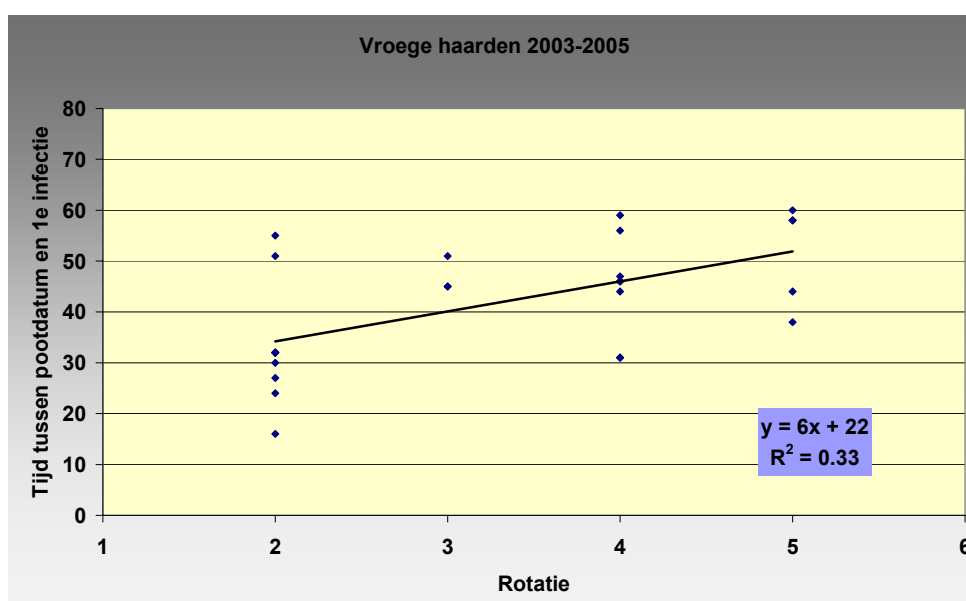
*Figuur 10. Infectie van een enkele stengel kort na opkomst geïnfecteerd door *P. infestans*. Waarschijnlijk gaat het hier om infectie vanuit oösporen.*

In een proefveld in Zweden bleek dat twee jaar na een hevige aantasting een nieuw aardappelgewas min of meer volgens hetzelfde patroon werd aangetast als waarmee de aantasting in het voorgaande gewas was geëindigd. Dit is een indicatie dat oösporen verantwoordelijk waren voor de aantasting van dat aardappelgewas (Andersson *et al.*, 1998). Bovendien blijkt hieruit dat gewasbescherming in het laatste deel van de teelt belangrijk is om oösporenvorming te voorkomen en dus (vroeg) aantastingen van volggewassen vanuit oösporen te voorkomen.

Oösporen vormen een belangrijke bron (30%) van infectie in Noordoost Nederland. In Zuidoost Nederland wordt een kleiner deel van de primaire haarden toegeschreven aan oösporen (10%). In Zuidwest en Noordwest Nederland inclusief de polders werden geen primaire haarden uit oösporen gevonden. Dit wil niet zeggen dat infectie vanuit oösporen in die gebieden helemaal niet optreedt. Het eerste in het oog springende verschil tussen de teeltgebieden is de grondsoort. Zowel in Noordoost als Zuidoost Nederland betreft het zandgrond en in de overige gebieden meestal klei en zavel gronden. Een ander verschil is de teeltfrequentie. In Noordoost Nederland wordt voor het overgrote gedeelte 1 op 2 aardappelen geteeld. In Zuidoost Nederland is dat toch 1 op 4. In Noordwest en Zuidwest Nederland is dat 1 op 4 à 5. Oösporen kunnen gedurende langere tijd in de grond overleven. Voor zandgrond werd een overlevingsduur vastgesteld tot 4 jaar en voor kleigrond tot 3 jaar (Turkensteen *et al.*, 2000). Als de vruchtwisseling ruimer is dan de overlevingsduur van oösporen in de grond dan is de kans op infectie vanuit oösporen minimaal. Hiervoor moet wel aan de voorwaarde worden voldaan dat er geen aardappelopslag in het veld aanwezig is in de tussenliggende jaren. Ook mogen er geen voor *P. infestans* vatbare onkruidsoorten op of bij het veld staan

zoals zwarte nachtschade (*Solanum nigrum*) en bitterzoet (*S. dulcamara*) omdat in deze plantensoorten ook oösporen gevormd kunnen worden. Ook op raketblad (*S. sisymbriifolium*) kunnen massaal oösporen gevormd worden later in het seizoen (Flier *et al.*, 2004). Voor raketblad wordt als advies gegeven dit gewas tijdig (september) onder te werken.

De eerste uitbraken van *P. infestans* worden niet alleen bepaald door de weersomstandigheden, maar ook door de teelt rotatie en/of de aard van de bron. Bij nauwe teeltrotaties (< 1:4) trad in Denemarken en Finland eerder aantasting door *P. infestans* op in het gewas dan in ruimere teeltrotaties. De verklaring hiervoor zou kunnen liggen in het aanwezig zijn van inoculum in de grond, zoals oösporen (Bødker, *et al.*, 2006). In de Nederlandse situatie lijkt er een zwakke trend te zijn dat het moment van eerste aantasting eveneens vroeger ligt bij nauwe teeltrotaties dan bij een ruime teeltfrequentie. Worden de percelen met biologisch geteelde aardappelen buiten beschouwing gelaten dan is er een significant verband tussen teeltfrequentie en het eerste optreden van *P. infestans* in het gewas (Figuur 11 P=0.002).



Figuur 11. Het optreden van de eerste infectie in dagen na de pootdatum in relatie tot het aantal jaren sinds de laatste aardappelteelt op het betreffende perceel (rotatie).

Als naar de aard van de primaire bron wordt gekeken dan blijkt dat infectie vanuit oösporen gemiddeld 8 dagen eerder optreedt dan infectie vanuit de knol. Infectie door inwaaien van sporen uit bronnen buiten het perceel treden gemiddeld nog eens 7 dagen later op (Turkensteen *et al.*, 2004; -2005; Evenhuis *et al.*, 2006).

Indien primeurteelten onder folie / plastic aangetast worden dan gebeurt dit vaak vanuit knollen waardoor het gemiddelde aantal dagen waarna infectie vanuit de knol ontstaat lager is dan bij de niet bedekte aardappelteelten. Een belangrijke factor voor het ontstaan van oösporen is de aanwezigheid van beide paringstypes op aardappelblad. Uit een survey uitgevoerd in 2000 bleek dat in NO, ZO, Centraal en ZW Nederland respectievelijk in 78%, 50%, 30% en 15% van de onderzochte blaadjes oösporen gevonden konden worden (Flier *et al.*, 2004). Dit geeft aan dat er ook in de kleigebieden wel potentie is voor de vorming van oösporen die later kunnen dienen als primaire bron. Een goede bescherming van het aardappelgewas tot het eind van de teelt vermindert de oösporenvorming. Wordt *Phytophthora* gedurende langere tijd in het gewas gedoogd dan neemt de kans op oösporenvorming sterk toe (Kessel *et al.*, 2002; Förch *et al.*, 2004). Met rassenkeuze kan enige invloed worden uitgeoefend op de mate waarin oösporen in het blad worden gevormd. Het is echter niet zo dat in de rassen met de hoogste loofresistentie tegen *Phytophthora* de minste oösporen worden gevormd (Turkensteen *et al.*, 2000). Daarnaast worden vooral op (onbeschermde) opslagplanten grote hoeveelheden oösporen gevormd.

Infectie vanuit oösporen wordt meestal geassocieerd met grote hoeveelheden neerslag. Kieming van oösporen wordt bevorderd door vocht. Uit proeven bleek dat kieming van oösporen een langzaam continue proces is wat slechts marginaal beïnvloed werd door het vochtgehalte van de grond tussen veldcapaciteit en verzadiging (Kessel, *et al.*, 2002). Kiemende oösporen vormen sporangiën die op hun beurt weken tot maanden in de bodem kunnen overleven. Bij voldoende water kunnen zoosporen gevormd worden door indirecte kieming van sporangieën. Door een overvloed aan water kunnen de zoosporen en sporangiën aan de oppervlakte komen en door direct contact of door spatverspreiding tot infectie komen.

In de praktijk betekent dit dat planten ook rond opkomst kunnen worden geïnfecteerd. Een voorbeeld hiervan is de grote hoeveelheid neerslag die gevallen is rond 30 april 2003. Dit leidde op diverse percelen tot wateroverlast, waarbij het water één of meerdere dagen tussen de ruggen stond. Op verschillende percelen heeft dat geleid tot aantasting vanuit oösporen van net opkomende aardappelplanten (Turkensteen *et al.*, 2004). Onduidelijk is of water tussen de ruggen nodig is voor infectie vanuit oösporen. Water tussen de ruggen is niet nodig voor de kieming van oösporen (Kessel *et al.*, 2002), maar mogelijk wel voor de verspreiding van sporangiën en zoosporen.

Directe bestrijding van oösporen in de grond is niet mogelijk. Infecties uit oösporen kunnen voorkomen worden door, voorafgaande aan een kritieke periode, een preventief, sporendodend middel op van het gewas te spuiten.

De beste methode om infecties vanuit oösporen te voorkomen is preventie van vorming van oösporen door een goede *Phytophthora* bestrijding in voorgaande aardappelgewassen, inclusief doeltreffende bestrijding van aardappelopslag. Zijn er toch oösporen in de bodem aanwezig dan is een ruime rotatie van 1 op 4 nodig, waarbij wederom geen aardappelopslag aanwezig mag zijn. Worden er toch aardappelen geteeld dan is een strak spuitchema waarbij gespoten wordt op basis van kritieke perioden nodig.

8. Risico vroege haarden *Phytophthora* in aardappelen

In grote lijnen zijn er drie grote primaire bronnen voor *Phytophthora infestans* te onderscheiden. Deze drie bronnen (latent geïnfecteerde knollen; oösporen; afvalhopen) zijn niet allemaal even belangrijk. Uiteraard is het relatieve belang van een vroege bron afhankelijk van het moment dat zich kritieke perioden voordoen (Bijlage I). Voorafgaand aan het seizoen kan er wel een risicoschatting gemaakt worden in hoeverre de primaire bronnen in het komende teeltjaar een rol kunnen gaan spelen. Daarnaast is er nog de factor nabije & verre bron. Voorafgaand aan het seizoen valt hierover nog niets te zeggen. Echter bij de beslissing rond de eerste bespuiting is al meer informatie aanwezig die kan worden meegewogen. Bijlage II is een beslisboom die kan helpen bij het bepalen met welke risicofactoren rekening moet worden gehouden tijdens het komende teeltseizoen. In hoofdstuk 7 worden de bijbehorende maatregelen beschreven.

Dat de eerste bespuiting van cruciaal belang is blijkt uit het vroege haarden onderzoek 2003 t/m 2005. Van 49 percelen (2003 t/m 2005) is de spuithistorie bekend en kon met redelijke zekerheid vastgesteld worden wat het moment van de eerste infectie was op basis van kritieke perioden en aantal *P. infestans* generaties. Hieruit blijkt dat op 39 (83%) van deze percelen nog geen bespuiting had plaats gevonden op het moment van de eerste infectie. Gemiddeld werd de eerste bespuiting op deze percelen pas 14 dagen! na de eerste infectie uitgevoerd, met een spreiding van 1 dag tot 5 weken! Tijdig maatregelen nemen tegen de aardappelziekte is nodig, ook voordat de planten elkaar in de rij raken. Sterker, indien er een risicoperiode wordt voorspeld tijdens de opkomstfase is een gewasbespuiting noodzakelijk. In de periode 2003 – 2005 werd in 17 van de 34 onderzochte gevallen (50%) berekend dat de eerste infectie binnen 1 week na de gemelde opkomstdatum had plaats gevonden. In 2003 ging het alleen om percelen in Noordoost Nederland, met oösporen als infectiebron. In 2005 was naast oösporen ook inwaai vanuit naburige bronnen verantwoordelijk voor deze zeer vroege infecties.

Wachten met de eerste bespuiting om op het aantal bespuitingen te besparen kan later in het seizoen leiden tot extra bespuitingen als blijkt dat de eerste bespuiting te laat kwam. Economisch en milieukundig resultaat kan gehaald worden als er tijdens kritieke perioden voor gezorgd wordt dat het gewas voldoende beschermd is. Beslissing-Ondersteunende-Systemen kunnen behulpzaam zijn bij het aangeven van kritieke perioden voor infectie door *P. infestans*.

9. Conclusies en aanbevelingen voor de praktijkstrategie ter beheersing van *Phytophthora infestans*

Beheersing van de aardappelziekte berust op hygiëne en gewasbescherming. Naarmate meer potentieel vroege bronnen op de juiste manier aangepakt worden zal de kans op aantastingen vroeg in het seizoen en de ernst daarvan afnemen.

Primaire bronnen zijn bronnen vanwaar in het volgende seizoen een Phytophthora-epidemie kan ontstaan.

Phytophthora in knollen

- ❖ Algemeen: verhinder tijdens knolvorming en knolvulling dat knollen worden aangetast. Zorg voor een juiste timing en middelkeuze in die fase van het teeltseizoen. Rooien onder goede omstandigheden (=droog en afgeharde knollen) vermindert het risico op knolaantasting. Als de grond echter te droog en kluitig is dan bestaat de kans op verwonding en vervolgens infectie door *Alternaria solani*.
- ❖ Pootgoed
 - Bewaaromstandigheden creëren die besmetting van knol naar knol voorkomen (snel drogen na inschuren).
 - Uitselecteren van zichtbaar zieke knollen.
 - Indien zichtbaar zieke knollen aanwezig zijn in het pootgoed **moet** aangenomen worden dat er ook latent zieke knollen aanwezig zijn. Bij natte omstandigheden in het voorjaar (een aantal dagen waarbij de grond verzadigd is met water) betekent dat een verhoogd risico is op aantasting vanuit de knol.
- ❖ Opslag
 - Beperk zoveel mogelijk het aantal knollen dat bij de oogst op land achterblijft.
 - Niet-geogste percelen nauwkeurig in de gaten houden. Problemen met opslag mogen verwacht worden naarmate het minder gevoren heeft in de winter.
 - Bestrijding opslag (mechanisch of met herbiciden) voor 1 juli (kritieke drempel in verordening HPA is >2 planten/m² op 0,3 ha) maar bij voorkeur eerder.
 - In 2004, en in mindere mate in 2005, werd in het vroege haarden project wederom gevonden dat opslag een belangrijke bron van inoculum voor de omgeving was. Vooral in maïs (dat niet door akkerbouwers was geteeld) wordt het belang van bestrijding van de opslag minder ingezien. Doordat de ziekte op opslagplanten niet bestreden wordt, ontstaat in korte tijd een grote sporenbron voor de omgeving. Daarnaast kunnen in zieke planten massaal oösporen worden gevormd die gedurende 3 - 4 toekomstige teeltseizoenen een infectiebron in het perceel vormen.
- ❖ Afvalhopen.
 - Afdekken of verwijderen vóór 15 april (Verordening HPA). Sinds de start van het Masterplan Phytophthora was er een afname te zien van het aantal overtredingen, echter de laatste jaren lijkt er sprake te zijn van stagnatie op een bepaald niveau.

Oösporen

- ❖ Algemeen: Oösporen zijn dikwandige sporen van *P. infestans* die na aantasting **in** het blad gevormd worden en vrijkomen in de grond na afbraak van dit blad. Oösporen overleven tot 3 jaar in kleigrond en tot 4 jaar in zandgrond. Tijdens deze periode kunnen ze na kieming via opspattend regenwater nieuwe aardappelgewassen infecteren.
- ❖ Ziek gewas blijven behandelen met Phytophthora-middelen reduceert oösporenvorming sterk. Hierbij zijn slechts geringe verschillen gevonden in effectiviteit tussen de verschillende middelen; contactmiddelen bleken even effectief als de (lokaal)-systemische middelen.
- ❖ Niet te nauwe teeltrotatie (aanbevolen wordt een minimale teeltrotatie van 3 jaar).
- ❖ Indien vermoed wordt dat er oösporen in het perceel aanwezig zijn overweeg dan de teeltfrequentie te verruimen

- ❖ De alternatieve waardplant Raketblad (die wordt ingezet om aaltjes te bestrijden) tijdig onderploegen om aantasting door *Phytophthora* en oösporenvorming te voorkomen (aanbeveling is om dit vóór 1 september uit te voeren).
- ❖ Op raketblad kan ook *Alternaria solani* voorkomen. De verspreiding van *A. solani* vanuit raketblad naar andere percelen zal waarschijnlijk beperkt zijn. Mogelijk speelt raketblad wel een rol bij de overleving van de schimmel.
- ❖ Aardappelopslag en voor *P. infestans* vatbare onkruidsoorten moeten in tussen liggende jaren goed worden bestreden.
- ❖ Een goed doorlatende grond verkleint de kans op infectie vanuit oösporen, zorg daarom voor een goede structuur van het perceel.

Aardappelen onder plastic

- ❖ Algemeen: Onder plastic zijn de omstandigheden vaak optimaal vochtig voor ontwikkeling van *Phytophthora*. Als het plastic wordt verwijderd fungeert een aanwezige aantasting (ontstaan vanuit pootgoed of oösporen) als bron voor nieuwe aantastingen in jonge (vaak onbeschermd) gewassen in de wijde omgeving. Waarschuwingssystemen houden geen rekening met de specifieke omstandigheden onder de folie. In 2005 zijn in gebieden met veel aardappels onder plastic problemen ontstaan door verspreiding van *Phytophthora* naar nabijgelegen percelen. Extra aandacht voor preventieve maatregelen is nodig (zie punten hieronder)
- ❖ Vanuit oösporen en/of vanuit latent aangetast pootgoed kan een aardappelgewas onder plastic worden aangetast.
- ❖ Voordat plastic wordt verwijderd de burens hiervan op de hoogte stellen zodat zij bij de bescherming van hun aardappelgewassen hiermee rekening kunnen houden
- ❖ Voordat plastic wordt verwijderd preventief spuiten (over plastic heen). Praktijkwaarnemingen bevestigen het bestrijdend effect van deze maatregel.
- ❖ Plastic verwijderen bij droog, zonnig weer zodat zoveel mogelijk sporen door zonlicht worden gedood.
- ❖ Nadat plastic is verwijderd direct spuiten met stoppende middelen (als aantasting aanwezig is) of preventieve middelen (als er nog geen aantasting aanwezig is) als een kritieke periode is verwacht wordt.

In z'n algemeenheid geldt dat hoe goed de primaire bronnen ook uitgeschakeld worden, er altijd een aantal aanwezig zullen blijven. De vraag die zich voordoet is welk effect hebben deze bronnen op de te volgen bestrijdingsstrategie. Hoeveel onbekende bronnen en op welke afstand vormen een gevaar voor een onbeschermd aardappelgewas? Met andere woorden kan in de praktijk rekening gehouden worden met de aanwezigheid van vroege bronnen (bijvoorbeeld middels haardenkaartjes) of is het verstanding de eerste bespuiting uit te voeren bij de eerste voor infectie kritieke weerperiode vanaf het moment dat het gewas boven de grond staat?

Voor welke strategie ook gekozen wordt het blijft van belang de overwintering van *P. infestans* zoveel mogelijk te belemmeren. Afdekken van afvalhopen en verwijderen van aardappelopslag zijn dermate logische maatregelen dat ze geen punt van discussie mogen zijn. Primeurteelten in de gaten houden en gepaste maatregelen nemen voor en bij het verwijderen van de folie blijkt in een aantal gevallen zeer noodzakelijk. Adequate gewasbescherming met daarvoor geëigende middelen in de pootgoedteelt om knolinfectie te voorkomen blijven noodzakelijk. Een goede gewasbescherming ook aan het eind van het seizoen kan later problemen met infectie vanuit pootgoed en oösporen voorkomen. Bij aanwezigheid van oösporen kan overwogen worden de teeltfrequentie te verruimen en zo problemen te voorkomen.

10. Literatuur

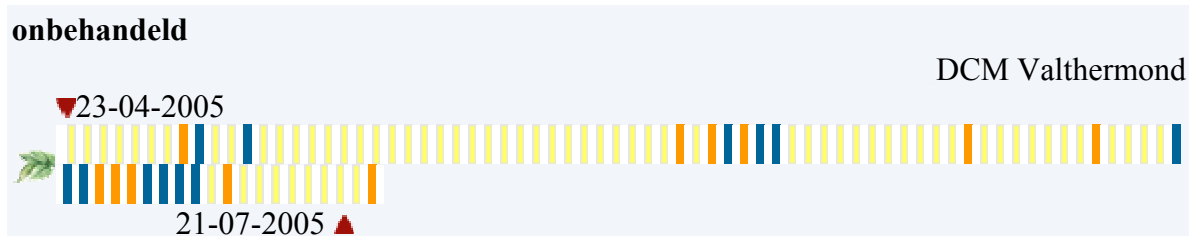
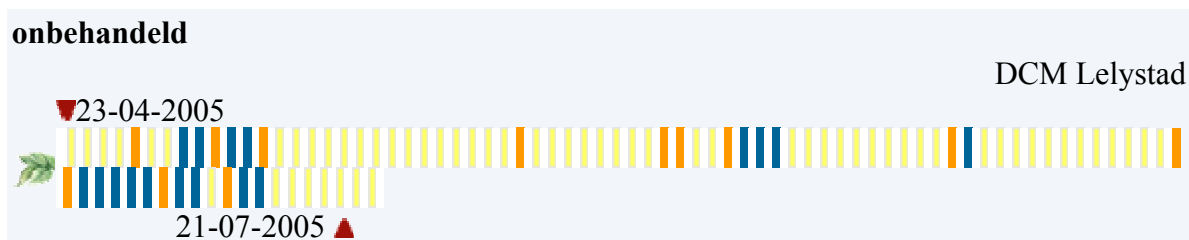
- Adler, N., 2001.
 Untersuchungen zum Befall von Kartoffeln mit *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary mittels visueller Bonituren und PCR-Methoden. Dissertation, Lehrstuhl für Phytopathologie der Technischen Universität München: 130 p.
- Andersson, B., M. Sandström & A. Strömberg, 1998.
 Indications of soil borne inoculum of *Phytophthora infestans*. Potato Research 41: 305-310.
- Anonymus 2006.
 Het eerste optreden van Phytophthora in het voorjaar (1954). Aardappelwereld magazine 4: 12.
- Baarden, P. van, P. Raatjes, 2001.
 Karakterisering van primaire haarden van *Phytophthora infestans* tijdens het teeltseizoen 2001. HLB BV & Dacom Plant Service BV: 15 p.
- Bässler, R., C. Madel, J. Habermeyer & M. Zellner, 2002.
 Primärbefall von *Phytophthora infestans*. Einfluss von Bodenart und Bodenfeuchte. Kartoffelbau 53(5): 162-165.
- Bødker, L., H. Pedersen, K. Kristensen, L. Møller, A. Lehtinen & A. Hannukkala, 2006.
 Influence of crop history on early occurrence and disease severity of potato late blight caused by *Phytophthora infestans*. In: PPO Special Report no. 11, September 2006. Proceedings of the ninth workshop of an European network for development of an integrated control strategy of potato late blight. Westerdijk, C.E. & Schepers H.T.A.M. (eds.). p. 53-56.
- Evenhuis A, L.J., Turkensteen, P. Raatjes, A. Wolfs, H.J. Lutgert & P. Goorden, 2006.
 Primaire haarden en eerste aantastingen in 2005 in het kader van het Parapluplan Phytophthora; DWK 397. Plant Research International Wageningen. Nota 394: 22 p.
- Flier, W.G., G.J.T. Kessel & H.T.A.M. Schepers, 2004.
 The impact of oospores of *Phytophthora infestans* on late blight epidemics. Plant breeding and seed science 50: 5-13.
- Förch, M.G., G.J.T. Kessel, P.J. van Bekkum, H.A.T.M. Schepers, J.R. Kalkdijk, R. Meier & W.G. Flier, 2004.
 Loofbescherming in het late seizoen van vitaal belang tegen oösporen. Aardappelwereld 9: 24-25.
- Hadders, J., 2003.
 Help I have early infection of late blight ... In: PPO Special Report no. 9, February 2003. Proceedings of the seventh workshop of an European network for development of an integrated control strategy of potato late blight. Westerdijk, C.E. & Schepers H.T.A.M. (eds.). p. 205-210.
- Hänni, H., 1949.
 Beitrag zur Biologie und Bekämpfung der Kraut- und Knollenfäule der Kartoffel, verursacht durch *Phytophthora infestans* (Mont.) de By. Phytopath. Z., Bd. 15 Hft 3: 209-332.
- Hausladen, H., 2002.
 Rechtzeitiger Spritzstart. Entscheidend für eine erfolgreiche Bekämpfungsstrategie. Kartoffelbau 53(5): 156-161.
- Kessel, G.J.T., W.G. Flier, H.A.T.M. Schepers & L.J. Turkensteen, 2002.
 De rol van oösporen in de epidemiologie van *Phytophthora*. Periode oktober 1999 tot en met oktober 2002. Plant research International Nota 216: 24 p.
- LTO-Nederland, 2006.
 Phytophthora info 2006. Een uitgave van Masterplan Phytophthora.
- LTO-Nederland, 2005.
 Jaarrond bestrijdingsstrategie *Phytophthora* 2005. Een uitgave van Masterplan Phytophthora.
- Mulder, A & L.J. Turkensteen, 1999.
 Bevindingen omtrent *Phytophthora infestans*-besmettingen die niet waren afgedekt door de gebruikte waarschuwingssystemen. Hilbrands Laboratorium Wijster: 3 p.
- Soulice, J., R.A. Bain & N. McRoberts, 2006.
 Observations on tuber infection in relation to Scottish weather parameters. In: PPO Special Report no. 11,

- September 2006. Proceedings of the ninth workshop of an European network for development of an integrated control strategy of potato late blight. Westerdijk, C.E. & Schepers H.T.A.M. (eds.). p. 307-312.
- Turkensteen L.J., 2003.
Primaire haarden in 2002 van de aardappelziekte veroorzaakt door *Phytophthora infestans*. S & C Research and Breeding 24 p.
- Turkensteen L.J., A. Evenhuis, P. Raatjes, P. Van de Griend, W.G. Flier, 2005.
Primaire haarden en eerste aantastingen in 2004 in het kader van het Parapluplan Phytophthora; DWK 397. Plant Research International Wageningen Nota 337: 14 p.
- Turkensteen, L.J., W.G. Flier, & L.J. Kloos, 2001.
Oorsprong en gevolgen van vroege aantastingen door de aardappelziekte. Aardappelwereld 55: 15-19.
- Turkensteen, L.J., W.G. Flier, A. Mulder & L.J. Kloos, 2002.
Feiten rondom Phytophthora anno 2002. Aardappelwereld 56 (1): 16-25.
- Turkensteen, L.J., W.G. Flier, R. Wanningen & A. Mulder, 2000.
Production, survival and infectivity of oospores of *Phytophthora infestans*. Plant Pathology 49: 688-696.
- Turkensteen L.J., P. Raatjes & A. Evenhuis, 2004.
Phytophthora infestans. Onderzoek naar primaire haarden en eerste aantastingen in 2003 in het kader van het Masterplan Phytophthora. Masterplan Phytophthora, Den Haag: 35p.
- Zwankhuizen, M.J., F. Govers & J.C. Zadoks, 1998.
Development of potato late blight epidemics: Disease foci, disease gradients, and infection sources. Phytopathology 88: 754-763.

Bijlage I.

Phytophthora infectierisico 2005

Infectierisico's voor *Phytophthora infestans* in de periode van 23 april tot en met 21 juli 2005 op vier locaties, afkomstig van Dacom Plant Service BV. De gele, oranje en blauwe balkjes geven dagen aan met respectievelijk een laag, matig en hoog infectierisico.



Bijlage II.

Beslisboom Phytophthora

In grote lijnen zijn er drie grote primaire bronnen voor de aardappelziekte veroorzaakt door *Phytophthora infestans* te onderscheiden. Deze drie bronnen zijn niet allemaal even belangrijk. Voorafgaand aan het seizoen kan er een risico schatting gemaakt worden in hoeverre de drie primaire bronnen in het komende teeltjaar een rol kunnen gaan spelen. Daarnaast is er nog de factor nabije & verre bron uiteraard valt hier voorafgaand aan het seizoen nog niets over te zeggen. Echter bij de beslissing rond de eerste bespuiting is al meer informatie aanwezig en kan mee gewogen worden.

Hieronder worden de bronnen genoemd, met een weging naar hun relatieve belang. Het relatieve belang voor oösporen is tot nu toe gebiedsgebonden.

- Afvalhopen (4)
- Pootgoed (3)
- Oösporen (2)
- Nabije en verre bron (1)

De beslisboom bestaat uit zeven vragen. De beslisboom is zo opgebouwd dat per onderdeel 10 punten kunnen worden verdiend. Naarmate meer punten worden verkregen is de kans op een vroege infectie door *Phytophthora* door de betreffende bron kleiner.

Afvalhoop

Zijn er gedurende de afgelopen winter perioden (minimaal 1 week aaneengesloten) geweest met strenge vorst zonder sneeuwdek (temperatuur lager dan - 10 °)

- Ja 6
- Nee 0
- Weet niet 0

Worden de afvalhopen in uw regio tijdig afgedekt of verwijderd?

- Ja 4
- Nee 0
- Onbekend 0

Tel nu het aantal punten op: ...

Oösporen

Is uw rotatie minimaal 1 op 4 op zand of 1 op 3 op kleigrond en was er in de tussenliggende jaren **geen** aardappelopslag op het perceel aanwezig?

- Ja 7
- Nee 0
- Weet niet 0

Kwam er in het voorgaande aardappelgewas op uw perceel loofaantasting voor?

- Ja 0
- Nee 3
- Weet niet 0

Pootgoed

Was er in het vorige seizoen rond midden juli loofaantasting aanwezig in het gewas waarvan uw huidige pootgoed afkomstig is? Indien rotte knollen uitgesorteerd zijn dan mag worden aangenomen dat er ook latent besmette knollen in de pootgoed partij aanwezig zijn en er dus een risico is van infectie uit de knol.

- Ja 0
- Nee 6
- Onbekend 0

Waren de weersomstandigheden tijdens het rooien van uw pootgoed gunstig (droge periode voor en tijdens het rooien)

- Ja 4
- Nee 0
- Onbekend 0

Tel nu het aantal punten op: ...

Nabije en verre bronnen

Zijn er in uw omgeving nabije of verre bronnen. In veel gevallen is dit een onbekende factor. Opslagplanten vormen zelden een primaire bron, maar kunnen de Phytophthora-epidemie wel versnellen.

Zijn er in uw directe omgeving (< 10 km) primeurteelten en is er een infectiekans geweest voordat de folie werd verwijderd.?

- Ja 0
- Nee 5
- Onbekend 0

Wordt de folie als regel verwijderd op droge zonnige dagen?

- Ja 2
- Nee 0
- Onbekend 0

Komen er in percelen in de omgeving veel opslagplanten voor.

- Ja 0
- Nee 3
- Onbekend 0

Tel nu het aantal punten op: ...

In de tabel kan nu het aantal punten per onderdeel ingevuld worden, bijvoorbeeld:

Bron	Punten uit de vragen lijst		Relatief belang		Score
Afvalhoop	6	X	4	=	24
Pootgoed	5	X	3	=	15
Oösporen	3	X	2	=	6
Nabije en verre bronnen	3	X	1	=	3
Som					48

De minimale score voor het totaal is 0. De maximale score is 100. Naarmate de score hoger is zal de kans op Phytophthora kleiner zijn. Afhankelijk van welke bron de meeste kans op infectie komt zullen verschillende beheersingsstrategieën gevolgd moeten worden (zie onder).

- Indien pootgoed een belangrijke potentiële bron is van Phytophthora-infecties, dan zal in de periode begin mei – half juni bij voorspelling van een kritieke periode een preventieve bespuiting kunnen worden uitgevoerd. Uiteraard hangt de timing samen met de poot- en opkomstdatum van het gewas en potentiële andere bronnen in de omgeving. Voor de middelenkeus kan gebruik gemaakt worden van de Eigenschappen tabel uit de Phytophthora info folder die elk jaar door het Masterplan Phytophthora wordt verspreid (LTO-Nederland, 2006).
- Indien afvalhopen een belangrijke potentiële bron zijn dan zal vanaf opkomst bij voorspelling van een kritieke periode een preventieve bespuiting kunnen worden uitgevoerd.
- Indien oösporen een belangrijke potentiële bron vormen, dan is een periode met hevige neerslag over meerdere dagen kritiek voor het optreden van infecties in het gewas. Zeker als er water tussen de rijen blijft staan en uw gewas op dat moment onbeschermd is.

Indien bronnen op afstand worden vermoed zal bij voorspelling van een kritieke periode vanaf opkomst een preventieve bespuiting kunnen worden uitgevoerd.

