

# Cavity spot in peen en de mogelijkheden van beheersing

Voorstel voor onderzoek naar perspectievolle toepassingen

J.G. Lamers

© 2011 Wageningen, Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO) onderzoeksinstituut Praktijkonderzoek Plant & Omgeving. 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 DLO.

Voor nadere informatie gelieve contact op te nemen met: DLO in het bijzonder onderzoeksinstituut Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, PPO-AGV

DLO is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

Projectnummer: 3250231200



**Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, onderdeel van Wageningen UR  
Business Unit PPO-AGV**

Address : Postbus 430, 8200AK Lelystad  
          : Edelhertweg 1, 8219PH Lelystad  
Tel.      : +31 320291642  
Fax       : +31 320230479  
E-mail   : info.ppo@wur.nl  
Internet  : www.ppo.wur.nl

# Inhoudsopgave

pagina

1	SAMENVATTING.....	5
2	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN .....	7
3	INLEIDING .....	9
4	<i>PYTHIUMEN CAVITY SPOT</i> .....	11
4.1	Symptomen van <i>Pythium</i> spp. op diverse gewassen .....	11
4.2	Symptomen op de peenwortel .....	11
4.3	Symptomen door langzaam groeiende <i>Pythium</i> schimmels .....	11
4.4	Veroorzakers.....	12
4.4.1	<i>Pythium</i> algemeen .....	12
4.4.2	<i>P. violae</i> en <i>P. sulcatum</i> .....	13
4.5	Waardplanten .....	13
4.6	Resistentie .....	14
5	BEHEERSINGSMOGELIJKHEDEN .....	15
5.1	Vruchtwisseling en waardplanten.....	15
5.2	Teeltmaatregelen.....	15
5.2.1	Klaver onderzaai .....	15
5.2.2	Rugopbouw .....	15
5.2.3	Irrigatie .....	15
5.2.4	Ca-bemesting .....	16
5.2.5	Oogsten.....	16
5.3	Chemische gewasbescherming.....	17
5.3.1	Algemeen.....	17
5.3.2	Middel A toepassing.....	17
5.3.3	Andere middelen.....	18
5.4	Compost en andere (rest)materialen.....	19
5.5	Biologische bestrijding met antagonisten.....	19
5.5.1	Algemeen.....	19
5.5.2	<i>Pythium oligandrum</i> .....	19
5.5.3	<i>Trichoderma</i> .....	20
5.5.4	Andere antagonisten .....	20
5.6	Biologische grondontsmetting.....	20
5.7	Biofumigatie .....	20
5.8	Detectie.....	21
6	VOORSTEL VOOR ONDERZOEK .....	23
6.1	Chemische bestrijding.....	23
6.2	Biologische bestrijding en bodemontsmetting .....	23
7	LITERATUUR.....	25



# 1 Samenvatting

## Problematiek

Cavity spot is een groot probleem in de teelt van peen in het algemeen en de industrieteelten in het bijzonder. De aantasting veroorzaakt onacceptabel kwaliteitsverlies doordat donkere plekken op de peen ontstaan die na schrappen of schillen zelfs nog duidelijker naar voren komen. Aantastingpercentages tot 60 % komen voor, terwijl maximaal 5 % is toegestaan. Bij waspeen is het probleem zo groot dat teeltgebieden worden verlaten (NOP). De transportkosten kunnen door de grotere afstanden hoog oplopen om de peen naar de fabriek te vervoeren.

## Symptomen en veroorzakers

De donkere ingezonken plekken zijn ellipsvormig en in een jong stadium zit de huid van de peen nog over de holte. In een later stadium kunnen de plekken de wortel volledig omringen.

*Pythium violae* is een van de veroorzakers van cavity spot, vooral in de IJsselmeerpolders, nadat meerdere malen peen is geteeld. Na ongeveer vier teelten kan de besmettingsdruk op de peen hoog zijn opgelopen. Door vroegtijdig te oogsten en met kortdurende teelten kan nog een paar keer een teelt worden uitgevoerd, maar doordat de bodembesmetting blijft oplopen is op een gegeven moment een peenteelt niet meer mogelijk. Door de brede waardplantenreeks blijft de bodembesmetting voor lange tijd in stand.

*Pythium sulcatum* is een tweede veroorzaker van cavity spot problemen vooral op zandgronden in het oosten en zuiden van Nederland. De teelt van andere schermbloemigen als peterselie, venkel en pastinaak, kan er toe leiden dat de bodem al besmet is voor de peen geteeld wordt.

## Bestrijdingsmogelijkheden

In de praktijk zijn er geen mogelijkheden om cavity spot te bestrijden. Wel kan het optreden van cavity spot vermeden worden door

- niet te telen op percelen waar eerder cavity spot is opgetreden en
- niet te telen op percelen waar wateroverlast (structuur, drainage) kan optreden,
- te kiezen voor kortere peenteelten zoals de teelt van Parijse wortelen,
- door regelmatig penen op te rooien kan de besmetting gemonitord worden zodat de oogst kan plaats vinden voordat de aantasting te hoog wordt
- zo mogelijk de teelt van minder vatbare rassen, die evenwel minder gewilt zijn.

## Literatuuronderzoek naar bestrijdingsmogelijkheden

Vanwege het ontbreken van afdoende bestrijdingsmogelijkheden is de literatuur onderzocht op nieuwe mogelijkheden.

### *Middel A*

Een methode die in het buitenland veel wordt gerapporteerd is de chemische bestrijding met middel A of middel A.a. Het blijkt echter dat bij regelmatig gebruik van middel A producten zich snel resistentie in *P. sulcatum* ontwikkelt, waardoor de werkzaamheid geheel verdwijnt. Daarnaast blijkt dat regelmatig gebruik van middel A op een perceel ook tot gevolg heeft dat het product sneller in de bodem wordt afgebroken. Ook hierdoor verdwijnt de werkzaamheid van middel A. Ook de milieu-eigenschappen van dit middel zijn niet optimaal, waardoor een toelating in Nederland moeilijk is.

### *Overige fungiciden*

Het literatuuronderzoek levert een aantal interessante en kansrijke fungiciden tegen cavity spot op. Dit zijn onder andere middel Q, een benzamide, en middel E, een cyanoimidazool. Deze middelen hebben bovendien al een toelating voor bestrijding van *Phytophthora infestans* in Nederland.

Ook middel I lijkt interessant, hoewel dit product wel *P. violae* bestrijdt, maar niet *P. sulcatum*.

Blijkbaar heeft een aantal producten met een toelating voor de bestrijding van *Phytophthora infestans* ook een werking op *Pythium*.

### *Overige bestrijdingsmethoden*

Andere bestrijdingsmethoden hebben soms een effect. Dit kan bereikt worden door een directe bestrijding van *Pythium* of van beïnvloeding van de bodemflora, waardoor *Pythium* tegengewerkt wordt.

- Biofumigatie is de methode waarbij speciale groenbemesters met een hoog gehalte aan glucosinolaten geteeld en ondergewerkt worden. Deze methode had in Australië wel, maar in Amerika en Frankrijk nauwelijks effect op aantasting door cavity spot. Van biofumigatie hoeven we daarom niet veel te verwachten als methode tegen cavity spot.
- Biologische grondontsmetting is de methode waarbij na het inwerken van een groenbemester deze wordt afgedekt luchtdicht plastic. Hierbij ontstaat een zuurstofloze situatie in de bodem die leidt tot de vorming van toxische omzettingsproducten. De meeste schimmels worden met deze methode bestreden, maar sommige pathogenen overleven deze methode. Deze methode is nog niet onderzocht op effectiviteit tegen cavity spot.
- Ca-bemesting met calcium carbonaat. Dit is ook in Nederland wel toegepast, maar met nogal wisselend succes. Hierdoor is deze methode niet aangeslagen. Mogelijk is dat de Ca-bemesting niet vroeg genoeg wordt toegediend om een verschuiving in de bodemmicroflora te realiseren. Een direct effect van Ca op het tegengaan van *Pythium* is uit talloze onderzoeken niet naar voren gekomen.
- Toepassing van antagonisten. Een aantal antagonisten is onderzocht. In speciale opstellingen en in sommige gronden zijn effecten gemeten. Recent ontwikkelde antagonisten zoals *Lysobacter* en *Pseudomonas fluorescens* isol SS101 lijken interessant genoeg om te toetsen op effectiviteit tegen cavity spot.  
Echter ook voor antagonisten zal een toelatingsprocedure noodzakelijk zijn. De toelating is al wel klaar voor *Trichoderma*. Middel P liet tijdens de veldperiode soms onderdrukking zien van cavity spot, maar leek in de bewaring de uitbreiding meer tegen te kunnen gaan. Verder onderzoek moet uitwijzen of dit product enige effect tegen cavity spot kan geven. Wellicht kan dit gecombineerd worden met andere bestrijdingswijzen.
- Klaver als onderzaai in peen bleek ook cavity spot tegen te gaan. Het werkingsmechanisme is niet bekend. Na opheldering van dit werkingsmechanisme kan de methode wellicht makkelijker toepasbaar worden gemaakt zodanig dat niet alleen de biologische maar ook de gangbare telers er gebruik van kunnen maken. Nu is de methode niet praktijkrijp.

## 2 Conclusies en aanbevelingen

Uit de literatuur blijkt dat er nieuwe aanknopingspunten zijn voor nader onderzoek naar de bestrijding van cavity spot. Het belangrijkste dat naar voren komt is dat een aantal fungiciden die *Phytophthora* bestrijden ook kunnen worden ingezet tegen *Pythium* (veroorzaker van cavity spot). Dit zijn stoffen zoals middel Q, middel E en middel I.

Betreffende toelatinghouders hebben aangegeven interesse te hebben om hun product te laten toetsen op effectiviteit tegen cavity spot. Een screeningsonderzoek om deze producten te testen en te vergelijken gevolgd door een toelatingstraject is aan te bevelen.

Voor het ontwikkelen van een niet chemische bestrijdingswijze zijn er drie aanknopingspunten voor verder onderzoek. Dit zijn (1) biologische grondontsmetting (2) toepassen van antagonisten en (3) onderzaai van klaver. Uiteindelijk zal een betrouwbare en duurzame bestrijding van cavity spot gezocht moeten worden in een combinatie van bovengenoemde methoden.





### 3 Inleiding

De economische schade van cavity spot loopt in de miljoenen euro's. Op het oog gezonde partijen lopen tegen het eind van de teelt of in de bewaring tegen een uitbreiding van cavity spot aan, waardoor de partij van het ene moment op het andere nagenoeg waardeloos wordt. Er komen aantastingspercentages tot 60 % voor, terwijl 2-5 % maximaal is wat aanwezig mag zijn. Het beeld bestaat dat alleen op maagdelijke grond redelijk risicoloos geteeld kan worden. Het gevolg is dat verwerkers op dit moment kiezen om hun diverse peensoorten steeds verder weg te laten telen om nog vrij te zijn van cavity spot. Dit leidt tot een sterke verhoging van de transportkosten (CO<sub>2</sub>-uitstoot). Belangrijke teeltgebieden zoals de IJsselmeerpolders worden verlaten. Beheersing van dit probleem is derhalve zeer gewenst.

In het verleden zijn er door PPO-AGV vruchtwisselingsproeven uitgevoerd met peen, waarin veel cavity spot optrad. Er is geëxperimenteerd met een biotoets en met een Elisa-kit om de aanwezigheid van een belangrijke veroorzaker van cavity spot aan te kunnen tonen, namelijk *Pythium violae*.

In Engeland en Amerika is al lange tijd een fungicide toegelaten (middel A.a) waardoor zeker in het begin de grootste problemen met cavity spot konden worden opgevangen. Later bleek evenwel de werking van middel A terug te lopen.

De peenteelt in Nederland heeft nooit de beschikking gehad over een fungicide. De makkelijke uitspoeling, het gevaar van adaptatie van de grond en van opbouw van resistentie in de schimmel hielden dit tegen. De oplossing moet hier gezocht worden in het telen van peen op vrijwel maagdelijke peengrond. De besmette percelen worden genoteerd en afgeschreven voor peen. Omdat de maagdelijke peengrond steeds schaarser wordt, moet op steeds grotere afstanden van de fabriek geteeld worden.

In deze consultancy opdracht van het PT wordt nagegaan of er aanknopingspunten gevonden kunnen worden voor beheersing van cavity spot. Daarvoor dient de gehele literatuur geraadpleegd te worden en de resultaten van de proefnemingen in de negentiger jaren rond cavity spot weer doorgespit.



## 4 *Pythium* en cavity spot

### 4.1 Symptomen van *Pythium* spp. op diverse gewassen

Vele soorten *Pythium* veroorzaken uitval van planten door het infecteren van kiemend zaad of door aantasting van jong succulent weefsel. Uit de literatuur blijkt dat snel groeiende *Pythium* soorten hoofdzakelijk een ziekte bij kiemplanten is, maar het is ook een ziekteverwekker die snel groeiende gewassen kan infecteren, waarbij zelfs volwassen planten kunnen worden aangetast (Plentinger and Lamers 1998).

De plant is het gevoeligst in de periode van snelle strekking; de infectie treedt voornamelijk op in de strekkingszone achter de worteltop. Dit is na kieming en vóór de secundaire diktegroei. Bij ontwikkeling onder goede omstandigheden is de cuticula ('huid' van de plant) beter ontwikkeld en beter bestand tegen penetratie. Infecties ontstaan aan de hoofdwortel, wortelpunt of zijwortels.

Op worteldelen zijn vaak glazige, bruine lesies (ovale vlekjes) te zien. Ten gevolge van wortelrot worden bladeren geel (chlorose) en drogen uit. Planten kunnen dwerggroei vertonen of komen helemaal niet op. Ook kan het plantenweefsel van zaailingen ter hoogte van het bodemoppervlak zacht en glazig worden (kiemplantenziekte, smeul). Als er donkerbruine plekken zich ontwikkelen aan de basis van de stam (stengelrot), breidt zich dit meestal uit tot de bladeren. De kleur van vruchten kan verbleken. Ze worden bruin-geel en verschrompelen (vruchtrot).

Aantasting door snel groeiende *Pythium* spp. komt vaker voor op wortels afkomstig van lichte grond (10-20% afslibbaar) dan op wortels van zwaardere grond. Praktijkervaringen wijzen erop dat het gewas op gronden met een slechte structuur gevoeliger is voor *Pythium*. Het uitvoeren van maatregelen om een goede lucht-/vocht-huishouding in de grond te behouden is daarom van groot belang. Ploegen liet de concentratie *Pythium* spp. afnemen of het had geen effect. Overige factoren die een rol kunnen spelen bij een *Pythium* aantasting zijn de zuurgraad van de grond, de voedingstoestand van de grond/de opnamesnelheid van voeding en de ontwikkelingsnelheid van de wortels. Een aantasting door snel groeiende *Pythium* wordt verder bevorderd door hoge bodemtemperaturen (20-30°C), een geringe lichtintensiteit, een hogere plantdichtheid en een hogere besmettingsdruk (Plentinger and Lamers 1998).

### 4.2 Symptomen op de peenwortel

In nauwe rotaties van peen gaat de kwaliteit van de wortel snel achteruit (Huiskamp 1990). Vroege aantastingen leiden dan tot vorkachtige, verdikte en misvormde penen. In Californië werden hieruit voornamelijk *Pythium* schimmels en *Rhizoctonia solani* geïsoleerd. De *Pythium* schimmels waren voornamelijk *Pythium ultimum* en *Pythium irregulare*. *R. solani* behoorde tot de Anastomosis group 4. Met name een voorvrucht van luzerne verergerde de symptomen van deze schimmels (Davis and Nunez 1999).

### 4.3 Symptomen door langzaam groeiende *Pythium* schimmels



Figuur 1. Lichte cavity spot symptomen op peen.

Cavity spot wordt gekarakteriseerd door een elliptische tot onregelmatig vorm van ingezonken lesies die aanwezig zijn op de volwassen penwortel van peen<sup>1</sup>. Individuele lesies zijn meestal kleiner dan 1.5 cm, maar kunnen groter zijn op peenrassen voor de industrie. Infecties kunnen overal op de penwortel optreden, maar lesies kunnen meer aanwezig zijn op het bovenste derde deel van de wortel, speciaal daar waar laterale wortels ontspringen aan de penwortel. Lesies

<sup>1</sup> <http://www.ipm.ucdavis.edu/PMG/r102100411.html>

beginnen als kleine ingezonden plekken op de wortel en worden groter als de wortel ouder wordt. Ook bij het stoomschillen verdwijnen de lesies niet van de wortel, zodat deze nog steeds zichtbaar blijven wanneer de peen in de glazen potjes zit.

Symptomen van *Pythium* aantasting zijn bovengronds niet te zien. Er is ook niet een lagere opbrengst bij aantasting door cavity spot. Het is alleen een kwaliteitsprobleem. Bij nauwe rotaties zoals in Amerika en Australië spelen snelgroeïende *Pythium* soorten als *P. ultimum* en *P. irregulare* een grotere rol. Dan kan de opbrengst wel negatief beïnvloed worden. Om de ernst van de aantasting te bepalen dienen de penen in het veld verzameld te worden en daarna gewassen.

In inoculatie proeven op het laboratorium bleek dat de onderste helft van de peenwortel gevoeliger is (grotere lesie) dan de bovenste helft van de peen (Huiskamp, Schoneveld et al. 1991). Wel of geen behandeling met middel A in het veld had geen effect op de grote van de lesie.

Op grond van de proeven in 1988 en 1990 werd de hypothese ontwikkeld dat aantasting door *P. violae* mogelijk is wanneer aan drie voorwaarden wordt voldaan. De schimmel moet in de grond aanwezig zijn, de wortel moet het begin van het verdikkingsstadium zijn gepasseerd en de grond moet enige tijd (over)verzadigd zijn met water. Het verdikkingsstadium van meer dan 2 mm dikte wordt vier tot zes weken na zaaien bereikt. Aan het begin van de verdikkingsgroei groeit de peridermis van het opslagorgaan van onderuit door de epidermis van de wortel heen. Dit geeft overlangse scheuren en vormt een invalsbasis voor *Pythium*-schimmels, maar ook voor *Streptomyces scabies*, de veroorzaker van schurft op peen (Huiskamp, Schoneveld et al. 1991). Evenals bij aardappelen kan het 4 weken nat houden van de grond na het begin van de verdikking de schurft-aantasting tegengaan. Te nat houden bevordert echter weer de cavity spot aantasting. Het duurt 15 tot 17 dagen voordat de cavity spot aantasting in het veld na infectie zichtbaar wordt (Huiskamp, Schoneveld et al. 1991).

De aantasting van cavity spot is niet alleen het gevolg van primaire infectie vanuit het grondgebonden inoculum. Het grondgebonden inoculum zorgt voor de eerste aantasting. Het is mogelijk dat een tweede

ronde van uitbreiding van de aantasting wordt veroorzaakt vanuit de primaire infectieplaatsen.

Deze tweede infectieronde verspreidt zich vanuit de primaire lesie over de gehele wortel, maar kan ook nabijgelegen gezonde wortels infecteren (Suffert and Montfort 2007).

*P. violae* en *P. sulcatum* veroorzaken een beperkte wortelnecrose door een beperkte afgifte van cellulose en pectine afbrekende enzymen alleen rond de schimmeldraden, terwijl *P. ultimum* veel meer wortelnecrose geeft door een flinke afgifte van die enzymen, die op grotere afstanden van de schimmeldraden nog celwanden afbreken (maceratie) en tot een grote vochtige lesie leiden (Campion e.a., 1998).



## 4.4 Veroorzakers

### 4.4.1 *Pythium* algemeen

*Pythium* komt, verspreid over de gehele wereld, zowel in de bodem als in het oppervlaktewater voor (Plentinger and Lamers 1998). Deze pathogene bodemschimmel is tamelijk heterogeen en omvat ongeveer 120 soorten. Er zijn per soort individuele verschillen in zowel de planten die ze kunnen aantasten (waardplanten) als in hun virulentie (het

Figuur 2. Zwaardere symptomen van cavity spot die ook bekend zijn als carrot root dieback (bron; [vgavic.org.au](http://vgavic.org.au))

vermogen om schade te veroorzaken) voor een specifieke waardplant. Omgevingsfactoren kunnen een effect hebben op het tot expressie komen van de virulentie van individuele soorten.

De groei van *Pythium* in de grond vindt plaats met hyfen (schimmeldraden). De verspreiding door de grond kan ook plaatsvinden met grondbewerking en met zoösporen (zwemsporen). De verspreiding van de zwemsporen vindt plaats door middel van en in vrij water.

*Pythium* kan zowel parasitair (op een levend organisme) als saprofytisch (op dood organisch materiaal) leven. Het saprotroof vermogen is groot en een belangrijk overlevingsmechanisme omdat de schimmel hierdoor in staat is om op dood organisch materiaal snel te kiemen en deze te koloniseren. *Pythium* behoort tot de pionier- of suikerschimmels met een gering competitief saprotroof vermogen. Maagdelijke voedselrijke oppervlakken (wortels) of bodems (na ontsmetting) worden snel gekoloniseerd, maar na enige tijd wordt *Pythium* teruggedrongen door andere bodembewoners, zoals Streptomyceten en Actinomyceten. *Pythium* is het talrijkst in gecultiveerde gronden en in oppervlakkige bodemlagen. Een hoge bodemvochtigheid, geringe zuurstofvoorziening en een hoog CO<sub>2</sub>-gehalte bevorderen de groei. Wanneer *Pythium* eenmaal in de bodem aanwezig is kan het ruststructuren (oösporen) vormen die vele jaren in de bodem kunnen blijven. Zijn deze ruststructuren eenmaal in de bodem aanwezig dan is vernietiging bijna onmogelijk (Plentinger and Lamers 1998).

#### 4.4.2 *P. violae* en *P. sulcatum*

In Noorwegen was aangetoond dat middel A een goed effect had op het tegengaan van cavity spot (Lyshol, Semb et al. 1984). Daarna ging men de veroorzaker zoeken in de hoek van de *Pythium* schimmels. Toen pas kwamen ook de langzaam groeiende *Pythium* schimmels in beeld. Voornamelijk *P. violae* en *P. sulcatum* bleken de veroorzakers te zijn. Deze *Pythium* schimmels manifesteerden zich bij lage bodemtemperaturen. Op agarplaat groeiden zij het beste bij 14-20 °C.

In de NOP werd voornamelijk *P. violae* geïsoleerd uit de lesies en incidenteel *P. sulcatum* (Huiskamp, Schoneveld et al. 1991). De twee schimmels komen zelden samen voor in een veld met peen (White 1991), maar het is niet duidelijk wat een veld geschikt maakt voor de ene of de andere *Pythium* schimmel. Ook in Frankrijk bleken cavity spot symptomen veroorzaakt te worden door *P. violae* (Montfort and Rouxel 1988). Na kunstmatige infectie met *P. violae* traden er ook 'root dieback' symptomen op zoals een uitbreiding van de lesie tot geheel rondom de wortel. In Amerika werd root dieback in verband gebracht met lage opbrengsten en slechte kwaliteit als gevolg van de intensieve teelt.

In Australië bleek in eerste instantie vooral *Pythium coloratum* de veroorzaker van cavity spot te zijn en in mindere mate *P. sulcatum* (El Tarabily, Hardy et al. 1996). Het bleek dat hier slechts enkele isolaten van *P. sulcatum* in staat waren om cavity spot symptomen te veroorzaken op wortelen. In een latere studie kwam naar voren dat er binnen Australië meerdere groepen van *P. sulcatum* gevonden werden, die duiden op genetische variatie binnen deze soort (Davison, MacNish et al. 2003). De waardplanten van *P. sulcatum* zitten vooral in de schermbloemigen. Waarschijnlijk was *P. sulcatum* al in de grond aanwezig voordat er peen geteeld werd in Australië. In deze studie over heel Australië werd *P. coloratum* als veroorzaker van cavity spot slechts incidenteel gevonden, in tegenstelling tot *P. sulcatum*.

De mate van aanwezigheid van de ziekte is waarschijnlijk afhankelijk van het aantal dikwandige oösporen die in de bodem overblijven.

## 4.5 Waardplanten

*P. violae* veroorzaakt ook lesies op luzerne wortels. *P. violae* is verder pathogeen voor tarwe, rogge en violen. Infecties van andere waardgewassen zoals selderij, erwten, suikerbiet, broccoli, bloemkool, komkommer en andere gewassen waaronder onkruiden, hoeven geen symptomen op te leveren (symptoomloze waardgewassen). Niet-waardplanten zijn tomaat, katoen, mais en aardappel<sup>2</sup>. Toch werden er in Israël geen verschillen gevonden in de aantasting van peen na de teelt van tarwe, aardappel, ui of katoen (Jacobssohn, Zutra et al. 1984). In Nederland was de aantasting na uien lager en na gras hoger dan na peen, aardappelen, suikerbieten, of spruiten (Huiskamp 1990). Dit betekent dat de bodembesmetting gedurende een jaar van de teelt van een waard of niet-waard niet verandert. De besmetting blijft lang

<sup>2</sup> <http://www.ipm.ucdavis.edu/PMG/r102100411.html>

aanwezig en wordt in ieder geval verhoogd door de teelt van peen.

*P. sulcatum* heeft minder waardgewassen. Naast peen is dit pastinaak en een slechte waard is spinazie (Hiltunen and White 2002). In Australië worden schermbloemigen (anijs, karwij, venkel, peterselie, pastinaak) als waard voor *P. sulcatum* aangemerkt (Davison and McKay 2003). Daarom kan deze *Pythium* na deze gewassen al in de grond zitten voordat er peen wordt geteeld.

Beide *Pythium* soorten kunnen ook gewoon in de bodem op organisch materiaal groeien (Petch and White 1995).

## 4.6 Resistentie

In Engeland werd geen verticale resistentie gevonden in de beschikbare peenrassen tegen *P. violae* en *P. sulcatum*, maar er waren wel lijnen met verschil in horizontale resistentie (White 1991). Over het algemeen hebben late rassen een grotere gevoeligheid dan vroegere rassen (Hiltunen and White 2002).

Het ras Bolero is resistent en Bertan en Nanco zeer vatbaar (Savelon, e.a. 2001). Ook het ras Nandor is weinig gevoelig (Petch and White 1995), net als Supreme en Merida, terwijl Mokum gevoelig is. Het gebruik van laboratorium inoculatietechnieken om in vitro resistentie te bepalen waren weliswaar goed uit te voeren, maar de resultaten waren slecht vergelijkbaar met de resistentie zoals die in het veld optrad (Hiltunen and White 2002).

Een mogelijkheid om resistentie in het lab op te sporen is door gebruik te maken van callusweefsel van de planten en deze te laten groeien op speciale media waaraan dan *Pythium* wordt toegevoegd (Savelon and Vandemoortele 2001). Bolero werd hier als resistente cultivar gebruikt en Nanco als een gevoelige cultivar, maar deze rassen kwamen respectievelijk als vatbaar en resistent uit deze test. Of deze test te gebruiken is, moet verder worden uitgezocht.

## 5 Beheersingsmogelijkheden

### 5.1 Vruchtwisseling en waardplanten

Een ruime vruchtwisseling is een goed uitgangspunt om ziekten te voorkomen. Gewasrotatie is een mogelijkheid om de schimmel onder controle te houden, maar omdat de schadelijke *Pythium* spp. een lange overlevingsduur en een veelal grote hoeveelheid gastheren hebben, is deze methode gewoonlijk niet succesvol.

Van 1981 tot 1988 is een veldexperiment uitgevoerd met continueelt van peen en tweejarige rotaties van peen met 6 andere gewassen (Huiskamp 1990). De continueelt peen bracht 10 % minder op dan de peen in tweejarige omlopen. De peen in deze tweejarige rotatie zag er ook slechter uit en leek ook 16 % minder op te brengen dan de peen uit de omringende velden van de telers. Uien en in mindere mate witlof gaven als voorvruchten lagere aantastingspercentages te zien, terwijl grasland als voorvrucht tot hogere percentages leidde (Huiskamp 1990). Aardappelen, suikerbieten, peen en spruiten gaven een gemiddeld aantastingsniveau te zien.

Ook in Californië werden voorvruchten in een nauw bouwplan vergeleken. Met name luzerne kwam er als voorvrucht slecht af. Er werden meer misvormde en gevorkte penen gevonden, veroorzaakt door *P. ultimum*, *P. irregulare* en *R. solani* AG 4 (Davis and Nunez 1999).

Teeltfrequenties van minder dan één peenteelt in de zes jaar geeft al gauw problemen met cavity spot. Bij ruimere rotaties kunnen ook nog problemen optreden, maar deze zijn doorgaans minder zwaar. Na de drooglegging van de IJsselmeerpolders trad er geleidelijk aan een toename op van cavity spot. Men kan stellen dat er na 3 á 4 teelten van peen op een plek waar niet eerder gewassen stonden, de *P. violae* besmetting hoog is opgelopen.

In Australië bleek uit een vruchtwisselingsexperiment dat na een of twee broccoliteelten (niet waard voor *P. sulcatum*) de aantasting van de zaadwortel door *P. sulcatum* sterk terugliep, maar de opbrengst en de cavity spot aantasting van de geoogste peen niet was verminderd (Davison and McKay 2003). Na drie of vier broccoli-teelten in twee jaar begon de aantasting terug te lopen en de netto-opbrengst iets toe te nemen. Dit geeft aan dat de bodembesmetting van *P. sulcatum* door de broccoli-teelt wel terugloopt gezien de zaadwortelbesmetting, maar aan het eind van de teelt is de cavity spot aantasting overal hoog. Pas bij veel lagere besmettingsniveaus en zeer ruime rotaties zal de cavity spot aantasting aan het eind van de teelt gaan dalen. Dit komt door de her infectie van de wortels uit de eerste aangetaste plekken en er is maar weinig inoculum nodig om uiteindelijk tot veel aantasting te leiden.

### 5.2 Teeltmaatregelen

#### 5.2.1 Klaver onderzaai

Onderzoek aan het eind van de jaren 90 leverde op dat onderzaai van ondergrondse klaver niet alleen de wortelvlieg bestrijdt, maar ook het optreden van cavity spot tegengaat (Schelling and Theunissen 2000). De aantasting werd gehalveerd tot gedecimeerd. De maatregel lijkt in de biologische teelt mogelijkheden te bieden, maar de onkruidbestrijding is wel een probleem.

#### 5.2.2 Rugopbouw

Op een lössbodem werd een verlaging verkregen van de cavity spot aantasting met 60 % door in plaats van op vlakke bedden de peen op ruggen te telen (Jacobsohn, Zutra et al. 1984). Het effect werd toegeschreven aan een verbeterde waterdoorlatendheid.

#### 5.2.3 Irrigatie

Beregen de peen niet te veel. Natte omstandigheden bevorderen de infectie door *Pythium*. Een vochtige grond is wel gewenst rond het verdikkingsstadium van de peenwortel om aantasting van *Streptomyces scabies* tegen te gaan.

Veel regen met name in de maanden juli en augustus bevorderen de aantasting (Hiltunen and White 2002).

De zwemsporen van *Pythium* kunnen zich dan makkelijk over het worteloppervlak verspreiden. Beregening, veel regen, een hoog kleigehalte van de grond en slechte drainage bevorderen de aantasting door cavity spot. Ook een vlakke vollegrondsteelt is door een slechtere afvoer van het oppervlaktewater in het nadeel ten opzichte van rug of verhoogde beddenteelt (Jacobsohn, Zutra et al. 1984). Wanneer tijdens het groeiseizoen de totale hoeveelheid neerslag rond de 550 mm lag dan werd de hoogste aantasting verkregen. Deze aantasting was lager bij lage hoeveelheden van 300 mm en ook laag bij hele hoge hoeveelheden van meer dan 720 mm (Hiltunen and White 2002).

In een pottenproef van LU-Tuinbouwplantenteelt in 1985 kwam naar voren dat bij het onderwater zetten niet zo zeer de wateroverlast het optreden van cavity spot bevorderde, maar het zuurstofgebrek. Dit kwam naar voren na het kortstondig doorvoeren van stikstof door de potten (Huiskamp, 1988).

#### 5.2.4 Ca-bemesting

Een experiment met Ca in de vorm van gips gaf minder aantasting dan in de vorm van kalk (Ca carbonaat), maar deze verbetering werd toegeschreven aan een verbetering van de bodemstructuur en waterdoorlatendheid (Perry and Harrison 1979). Enkele veld- en potexperimenten met diverse doseringen van Ca en K (verdringt Ca) leidde tot de conclusie dat Ca niet betrokken was bij cavity spot. In een experiment op hydrocultuur gaven hogere Ca- hoeveelheden lagere cavity spot aantastingen (Wagenvoort, Babik et al. 1985). In Engeland werd soms en vooral in Australië werden goede resultaten verkregen met speciale bemestingen van kalk (calcium carbonaat en niet gips). Het effect van de calcium loopt niet via de pH of de structuur van de grond. Later schreef White de werking van Ca toe aan een verandering van het bodemleven, waardoor *P. violae* minder kans had (Hiltunen and White 2002). De kalk moest een maand voor het zaaien worden toegediend om de ziekteverende bodemflora een kans te geven zich op te bouwen. In Australië is het vooral *P. coloratum* die cavity spot veroorzaakt (El Tarabily, Hardy et al. 1996). Wellicht dat deze schimmel meer gevoelig is voor Ca-bemestingen en optredende ziektevering. Er werd een grotere aanwezigheid gemeten van actinomyceten die een antagonistische werking hadden op *P. coloratum* (El-Tarabily, Hardy et al. 1996). Deze verandering van het bodemleven is niet consistent en daarom is de controle van cavity spot niet zeker. In Engeland passen enkele telers de Ca-bemesting toe, maar Barbara (pers. med. 2012) is er niet van overtuigd dat het werkt. Ook in Nederland hebben twee peenverwerkers ervaring met Ca-bemestingen. De resultaten waren wisselend en geen van beide was voldoende overtuigd van de effectiviteit.

Reeds in 1991 geeft Vivoda (Vivoda, Davis et al. 1991) een opsomming van de chemische factoren die cavity spot beïnvloeden. Hij vond in een studie van 54 velden in Californië over twee jaar, dat het optreden van cavity spot niet gecorreleerd was met de pH, EC waarde, vochtcapaciteit, organische stof gehalte, totaal en uitwisselbaar Ca-gehalte van de grond, kluitgrootte verdeling en plantdichtheid. Vijf maanden oude wortels waren twee maal zo gevoelig als drie of vier maanden oude wortels. Wanneer de grond onder water stond voor een of twee dagen dan kregen zij veel meer aantasting op de wortel. En zij kregen met *P. violae* en met *P. ultimum* veel meer aantasting bij 15 °C, dan bij 20 of 25 °C. *P. violae* was duidelijk meer virulent dan *P. ultimum*.

Een 20 tot 40 l van een boriumhoudende meststof per ha (Leco Backup; 11.5 g Ca en 4.5 g B per liter) bleek gemiddeld niet een groot effect te hebben op de cavity spot aantasting op 6 percelen. Mogelijk was de zwaardere aantasting wel iets verlaagd (Velema). Het leidde niet tot meer proeven met Leco Backup.

#### 5.2.5 Oogsten

Rijpe peen is gevoeliger voor aantasting. Hoe later de oogst hoe meer kans op aantasting. Het de winter over laten staan van de peen na onderdekken, gaf een grote kans op aantasting. Regelmatig monitoren van de aantasting in het veld is noodzakelijk om het verloop van de aantasting te volgen en de oogst hierop af te stemmen. Een belangrijk teeltadvies is dan ook om de oogst op tijd uit te voeren, voordat de aantasting te hoog wordt (Hiltunen and White 2002).



## 5.3 Chemische gewasbescherming

### 5.3.1 Algemeen

Beperkingen op het gebruik van fungiciden hebben in het verleden de beschikbare actieve stoffen om *Pythium* te beheersen sterk verminderd. *Pythium* bouwt snel resistentie op tegen fungiciden. Er zijn *Pythium spp.* die o.a. middel A, middel K, middel F en middel N overleven. Er is resistentie (of tolerantie) gevonden tegen middel O en middel G. Middel J is het enige andere fungicide waarvan niet bekend is of *Pythium* zich hieraan heeft aangepast (Plentinger and Lamers 1998).

Toepassing van verschillende fungiciden wordt aanbevolen omdat dan de kans op het optreden van resistentie wordt verlaagd. Maar dan moeten deze fungiciden wel beschikbaar en toegelaten zijn.

### 5.3.2 Middel A toepassing

De eerste publicatie van onderzoek dat een goede bestrijding van cavity spot liet zien kwam uit Noorwegen. Met middel A werd een sterke en met middel J en middel O een minder sterke verlaging van de cavity spot aantasting gerealiseerd (Lyshol, Semb et al. 1984). Deze gevoeligheid voor middel A was een sterke aanwijzing dat de oorzaak voor het optreden van cavity spot in de hoek van schimmels en met name in de hoek van de oömyceten gezocht moest worden. Uiteindelijk kon hierdoor de langzaam groeiende *P. violae* worden opgespoord.

Middel A.a is een gezuiverde vorm van middel A. Het is een systemisch granulaire fungicide dat makkelijk door de wortel wordt opgenomen. Syngenta raadt aan het fungicide in een dosering van 25 kg/ha (Middel A.a 1G) bij het planten in de rij toe te passen. Om het milieu niet te veel te belasten wordt aangeraden het middel niet toe te passen op kluitige gronden, op gronden met een lager organische stofgehalte dan 2 % of op plaatsen met een hoge grondwaterstand<sup>3</sup>.

In Engeland is middel A.a nu toegelaten. Het lijkt erop dat middel A.a alleen werkt in een vrij nauwe periode aan het begin van het groeiseizoen wanneer er ook voldoende vocht aanwezig is (Barbara, pers comm 2012). Wanneer het correct wordt toegepast, wordt 50 % of meer van het aantal lesies teruggedrongen, maar niet volledig.

In Californië wordt middel A.a toegepast voor het planten of als een bespuiting op de bodem direct na het zaaien<sup>4</sup> in een dosering van 1.17-2.34 l Middel A.a SL/ha. Gewasbehandeling kan alleen in het geval van een speciale lokale ontheffing (Special Lokal Needs label). 28-50 dagen na zaaien kan begonnen worden met het spuiten van middel A.a met een 2-3 wekelijks spuitinterval. Er wordt 0.29-1.17 l/ha toegepast met speciale spuitapparatuur om de vloeistof aan de basis van de plant te brengen al of niet in combinatie met irrigatiewater of vloeibare kunstmest. Deze toepassingen worden direct gevolgd door een watergift van 25 mm om de actieve stof in de wortelzone te krijgen. Er wordt niet meer dan 3.3 l/ha/seizoen gegeven en ten minste 7 dagen voor de oogst toegepast.

Verder kan in Californië middel H toegepast worden in een 2-3 wekelijks interval, maar afgewisseld met middel A.a. Als laatste redmiddel, wanneer niets geholpen heeft of goede middelen niet kunnen worden toegepast, dan mag middel R voor het planten bij het irrigeren gebruikt worden<sup>3</sup>.

In Nederland is in 1988 en 1990 gebleken dat een eenmalige behandeling met 1,2 kg actieve stof per ha aan middel A de peen ruim 20 weken kan beschermen. Voor een langere beschermingsperiode is een tweede behandeling noodzakelijk. De eerste behandeling kan worden uitgesteld tot aan het begin van de verdikkingsperiode of tot aan het begin van voldoende neerslag na aanvang van de verdikkingsperiode. Met middel A in granulaatvorm zijn dezelfde resultaten te bereiken als met spuitpoeder. Een zaadbehandeling gaf geen bestrijdend effect te zien (Huiskamp, Schoneveld et al. 1991).

Het beste tijdstip van toepassen van middel A komt niet eenduidig naar voren. Een vroege toepassing tot en met het tweebladstadium is vooral gericht op het tegengaan van primaire infecties uit het grondgebonden inoculum. Een latere toepassing gaat vooral de polycyclische infectie tegen, die zich vanuit de primaire aantastingsplaatsen verspreid. Wanneer de omstandigheden gunstig zijn voor deze tweede verspreidingsroute dan heeft een latere toepassing van 5 en 9 weken na zaai van middel A.a een groot effect (Suffert, Delalande et al. 2008). Wat de her infectie bevordert is een voortdurende irrigatie en een

<sup>3</sup> <http://www.syngentacropprotection.com/assets/assetlibrary/RidomilCarrotsFINAL.pdf>

<sup>4</sup> <http://www.ipm.ucdavis.edu/PMG/r102100411.html>

dicht plantverband.

Een mogelijkheid om te besparen op middel A is om een film coating rondom de zaden aan te brengen. Daarbij kunnen meerdere lagen coatings aangebracht worden. Hiermee kon onder goede omstandigheden in het lab een goede kieming en controle van cavity spot bereikt worden. Evenwel in het veld was de opkomst een probleem (Petch, Maude et al. 1991).

### 5.3.2.1 Resistentie tegen middel A

In Californië wordt peen in een intensieve rotatie geteeld. Dan wordt ook herhaaldelijk middel A toegepast. In zo'n situatie kan resistentie makkelijker optreden. Inderdaad wordt in 2004<sup>5</sup> Davis (plantenziektkundige aan de Universiteit van Californië) aangehaald die twee voor middel A resistente isolaten van *P. sulcatum* heeft gevonden in velden waar middel A slechter werkte.

In Engeland werd Middel A.b 58wp (middel A en middel M) aanvankelijk met veel succes bij het zaaien toegepast tegen *P. violae*. Dit is dus een vroege toepassing van middel A. Mislukte toepassingen van Middel A.b 58wp traden wel eens op op venige gronden en in situaties dat *P. sulcatum* de veroorzaker was. *P. sulcatum* is tolerant voor Middel A.b 58wp (White 1991). Het is vooral middel M van het combinatiemiddel A.b dat ook *P. oligandrum* bestrijdt (Petch and White 1995). *P. oligandrum* is een hyperparasiet van *P. violae* en zou gespaard moeten worden.

De eerste vermeldingen van het optreden van adaptatie van de grond voor middel A traden op in 2002 (Hiltunen and White 2002) en wordt als een bedreiging gezien voor een effectieve middel A toepassing. Op twee naast elkaar gelegen percelen in Engeland kon het effect van een herhaalde middel A toepassing vergeleken worden. De grond zonder middel A geschiedenis gaf een halfwaardetijd aan van 39 dagen voor afbraak van middel A, tegen 13 dagen voor de grond met de middel A geschiedenis (Kenny, White et al. 2001). In de laatste grond kon cavity spot niet meer beheerst worden door middel A.

### 5.3.2.2 Toelating middel A in Nederland

In een overzicht van de knelpunten van Parijse wortelen werd voor de VIGEF door Jos Veendrick van Veco in 2011 gepleit voor een toelating van middel A in Nederland. Veenbrinck: "In 2005 is Syngenta bezig geweest met een toelating van middel A in winterpeen en waspeen maar volgens Johan Henken van Syngenta is er toen verder niets richting een aanvraag gedaan en hij weet ook niet of deze er ooit komt want het middel dient gespoten te worden in het 3<sup>e</sup> of 4<sup>e</sup> bladstadium en bij winterpeen en waspeen komt er dan te veel middel op de grond omdat de rijen veel te ver uit elkaar staan. De mate waarin dit gebeurt, geeft bij de aanvraag teveel strafpunten. Daarom moet dan de dosering naar beneden en dan werkt het niet meer tegen de Pythium-schimmel.

Voor de parijsse wortelen ligt dat anders. We (Veco) hebben sinds 2009 een nieuwe innovatieve zaai-techniek voor de parijsse wortelen. We zaaien met de zaaimachine 100 rijen op een breedte van 3 meter. Dit doen we om de zaadjes zo verspreid mogelijk over het veld te krijgen, de sortering fijn te houden en dat het worteltje mooi rond groeit.

Wanneer het stadium van spuiten is aangebroken (bij 3 tot 4 echte blaadjes), dan is de grond al zo goed als bedekt met loof. Er komt dan praktisch geen middel op de grond.

Middel A heeft nu wel een toelating in o.a. krokussen en hyacinten. Dit zijn vrij open gewassen zodat er veel middel verloren gaat naar de bodem.

Volgens mij hebben wij een zeer goede reden om voor de Parijse wortelen (500 ha) als enige wortel een toelating te krijgen van middel A." Aldus Veendrick van Veco.

### 5.3.3 Andere middelen

In Canada is *P. sulcatum* de soort die het meest geïsoleerd wordt uit cavity spot. Het bleek dat de meeste isolaten van *P. sulcatum* op agar-schalen niet gevoelig waren voor middel L, middel J en middel D maar wel voor middel A en middel Q (Martinez, Levesque et al. 2005). In kasexperimenten bewees alleen middel Q een goede werking te hebben op cavity spot veroorzaakt door *P. sulcatum*. Sommige isolaten lieten na meerdere malen blootstelling aan middel Q een geringere gevoeligheid zien, wat duidt op toenemende resistentie van de schimmel wanneer deze herhaaldelijk aan het middel wordt blootgesteld (Martinez, Levesque et al. 2005).

In Californië bleken de isolaten van *P. violae* wel gevoelig en *P. sulcatum* niet gevoelig te zijn voor middel I

<sup>5</sup> <http://westernfarmpress.com/cavity-spot-carrot-eludes-mustard-biocides>

(Lu, Michael Davis et al. 2012). In deze studie waren alle isolaten gevoelig voor middel Q. In Canada heeft middel E 400 SC recentelijk een Minor Use Label Expansion gekregen voor de bestrijding van cavity spot. Het dient eenmalig bij zaai of voor opkomst in een dosering van 0.44 l/ha gebruikt te worden met veel water waarna het product ingeregend dient te worden. Het is een nieuw bestrijdingsmechanisme en er zijn geen kruisresistenties gevonden met andere chemische middelen<sup>6</sup>. In Australië en Californië zijn ook proeven geweest met middel C maar er is geen toelating uit voortgekomen.

## 5.4 Compost en andere (rest)materialen

Het doorwerken van organisch materiaal (compost) van andere teelten heeft een positieve invloed op het bodemleven (Plentinger and Lamers 1998).

Met inundatie en grondontsmetting (chemisch of stomen) wordt de *Pythium*-schimmel in bollengrond respectievelijk niet of slechts gedeeltelijk bestreden, terwijl een deel van de bodemmicroflora wordt gedood. In onderzoek is aangetoond dat een besmetting van geïnundeerde of ontsmette grond een zwaardere aantasting veroorzaakt dan eenzelfde besmetting in onbehandelde grond (Os, Wijnker et al. 1999). Verrijking van de ontsmette grond met rijpe compost ging de toegenomen ziekteontvankelijkheid tegen en verhoogde de bodemweerstand tegen *Pythium* (Os and Ginkel 2001). Er wordt geadviseerd na stomen een (chemisch) middel tegen *Pythium* toe te passen.

## 5.5 Biologische bestrijding met antagonisten

### 5.5.1 Algemeen

*Pythium* is zeer gevoelig voor concurrentie (Plentinger and Lamers 1998). Ziekte onderdrukking kan verkregen worden door het stimuleren van de aanwezige microflora of het introduceren van specifieke antagonisten. Vele actinomyceten en bacteriën, *Trichoderma* spp., *Rhizoctonia solani*, *Aphanomyces* spp., *Aspergillus* spp., *Penicillium* spp., *Pseudomonas* spp. enz. hebben een remmend effect op *Pythium* spp., terwijl vele nematoden en onder andere *Fusarium solani* in bepaalde omstandigheden een stimulans aan de ziekte geven.

Het succes van een antagonist hangt af van de overleving, de dichtheid, de activiteit in het systeem en de manier waarop de antagonist de ziekte onderdrukt. Biologische bestrijding van *Pythium* kan plaatsvinden volgens 3 mechanismen: competitie om voedingsstoffen, parasitisme en de vorming van antibiotica door een antagonist.

Een voordeel van biologische middelen is dat ze de vitaliteit van zaailingen kunnen verbeteren ten opzichte van de vitaliteit die optreedt bij de inzet van fungiciden. Een zaadcoating is voor dit doel vaak al voldoende. Formuleringen gebaseerd op actief groeiende hyfen van de antagonist op haverhout of maïs zijn succesvol toegediend aan de bodem. Een nadeel van bodembehandelingen is de grote hoeveelheid materiaal die hiervoor nodig is. In het algemeen werkte een toevoeging van de antagonist *Trichoderma* of *Gliocladium* aan de bodem beter dan een zaadcoating.

De resultaten van een vergelijking van de doeltreffendheid van *Gliocladium virens* en *Bacillus subtilis* in de beheersing van zaad- en wortelrot bij het zaaien van boon *Phaseolus* lijken aan te tonen dat de 2 biologische middelen de beste bescherming geven als ze tegelijkertijd worden ingezet. Door middelen of stammen te combineren is vaak een betere bestrijding van *Pythium* te bereiken (Plentinger and Lamers 1998).

### 5.5.2 *Pythium oligandrum*

*P. oligandrum* staat bekend als een parasiet van andere pathogenen (hyperparasiet). Sommige pathogenen worden door *P. oligandrum* aangevallen en na contact van de draden lossen de schimmeldraden van het pathogeen op. Verder koloniseert *P. oligandrum* snel het organisch materiaal waarop het groeit, waardoor pathogenen van hun voedsel beroofd worden. In bijna alle gronden waar peen groeide werd *P. oligandrum* aangetroffen (White 1993). Na gerst was er minder *P. oligandrum* aanwezig. Met name tegen *P. ultimum*

<sup>6</sup><http://www.uap.ca/products/documents/RanmanCavitySpotCarrot.pdf>

werden in Amerika goede resultaten verkregen (Martin and Hancock 1987). De hyperparasiet groeide alleen in de rhizosfeer grond en niet aan het oppervlak van de wortel (Al-Rawahi and Hancock 1997). Na zaadcoating bleef de zaailing beschermd tegen *P. ultimum* omvalziekte. Evenwel de wortel van de zaailing werd onvoldoende gekoloniseerd om daar bescherming te bieden.

Middel A leek een averechts effect te hebben op de aanwezigheid van *P. oligandrum*. Daar waar gewassen met grote hoeveelheden organisch materiaal werden ondergewerkt leek de aanwezigheid van *P. oligandrum* hoog te zijn (White 1993).

### 5.5.3 *Trichoderma*

Barbara (pers med. 2012) vond in een proef met diverse vormen van *Trichoderma* geen effect op cavity spot in Engeland. Een teler bij Erp (Noord Brabant) dacht in een demo iets effect te zien van middel P op cavity spot, maar het effect was voor hem te klein om de antagonist te blijven gebruiken. In registratieonderzoek door Koppert op meerdere proefstations in 2011 uitgevoerd blijkt dat in minimaal twee van de drie proeven met cavity spot een effect van middel P aanwezig was. De veldinfectie was gering en er was geen verschil tussen de behandelingen. De uitbreiding in de bewaring van 5 naar 28 % werd door middel P evenwel voorkomen (Hora, pers meded 2012). De derde proef moet nog uit de bewaring komen op het PPO. Middel P mag als granulaat worden toegepast in de groenteteelt bij het zaaien.

In Frankrijk werd in potproeven en in kunstmatig besmette veldproeven een goed effect gevonden van *T. atroviride* (I-1237) (Cordier, Luneau et al. 2009). Het percentage gezonde wortels ging omhoog van 40 % naar 98 %.

### 5.5.4 Andere antagonisten

Andere antagonisten zijn ook interessant. *Pseudomonas fluorescens*, *Pseudomonas putida*, *Serratia proteamaculans* en een actinomyceet uit Australië werkten wel in het lab, maar in het veld was de werking wisselend (Hiltunen and White 2002). Een isolaat van *Pseudomonas fluorescens* isolaat SS101 bestreedt *Pythium* wortelrot in hyacint, iris en crocus (Boer, Os et al. 2006). Dit isolaat produceert stoffen die de zoösporen van *Pythium* doen oplossen, zodat deze geen aantasting kunnen geven.

Een andere groep van bacteriële antagonisten zijn *Lysobacter species*. Deze bacteriën zijn betrokken bij ziekteverende gronden tegen Rhizoctonia en kunnen op de agarplaat en in grond een groot aantal pathogenen waaronder *Pythium* bestrijden. Voor experimentele doeleinden wordt *Lysobacter* op reststoffen aangebracht om de ziektevering te bevorderen.

## 5.6 Biologische grondontsmetting

Biologische grondontsmetting is door Blok en Lamers ontdekt en bleek goed te werken tegen een groot aantal nematoden, schimmels en bacteriën (Blok, Lamers et al. 2000). Bij deze methode wordt veel groen organisch materiaal ondergewerkt en wordt de grond afgedekt met luchtdicht plastic. Alleen tegen pathogenen die anaerobe omstandigheden kunnen overbruggen lijkt de methode minder effectief te zijn. Dit zijn enkele *Pythium* en *Phytophthora* soorten. Aangezien *P. violae* en *P. sulcatum* zich uitbreiden op de peen nadat peen onder water heeft gestaan, lijkt de methode op voorhand beperkte mogelijkheden te hebben. Evenwel door de anaerobe omstandigheden bij het afdekken verandert de hele bodemflora in sterke mate van aeroob naar anaeroob en vervolgens weer naar aeroob, waardoor de ruststructuren van *Pythium* gestimuleerd kunnen worden om te kiemen en daarna teruggedrongen kunnen worden door de concurrerende microflora. In welke mate de cavity spot veroorzakende schimmels door de biologische grondontsmetting teruggedrongen worden, kan alleen maar door onderzoek worden vastgesteld.

## 5.7 Biofumigatie

Uit onderzoek uitgevoerd in Australië komt naar voren dat *Pythium* gevoelig is voor isothiocyanaat. Dit product ontstaat uit glucosinolaat wanneer het enzym murosinase aanwezig is. Beide stoffen zijn in aparte delen van cellen van Brassica gewassen aanwezig. De concentraties en de samenstelling van de glucosinolaten verschillen voor de diverse Brassica soorten, plantdelen en tijdens de ontwikkeling van het

gewas in de tijd. Bij het onderwerken dient het gewas intensief geklepeld te worden zodanig dat alle plantencellen kapot gaan. Dan komen de murosinase en de glucosinolaten bij elkaar waardoor de isothiocyانات gevormd worden. Deze zijn vluchtig. Daarom dient het geklepelde product direct ondergewerkt te worden en zo mogelijk afgedicht om de concentratie van deze stof in de bodem zo hoog mogelijk te laten oplopen.

Onderzoek op proefboerderij Vredepeel bracht naar voren dat met zaadmeel van sarepta mosterd in sommige jaren een bestrijding van *Verticillium dahliae* te bereiken is (Lamers and Korthals 2011). Aangezien *Pythium* ook gevoelig is voor isothiocyانات dan zou biofumigatie ook effectief kunnen zijn.

In Californië zijn proeven met glucosinolaat-houdende mosterd groenbemesters uitgevoerd voor de bestrijding van cavity spot. In 2003 kwamen hieruit geen positieve resultaten naar voren. Het zou gaan om de bestrijding van *P. sulcatum* die in Californië overheerste<sup>7</sup>. In drie proeven werd geen effect gevonden. In drie proeven met sarepta mosterd (*Brassica juncea*) in de winter in Frankrijk werd in één proef een effect gevonden op de mate van uitbreiding van de cavity spot op de wortel en niet op het percentage aantasting van de wortel. De ernst van de aantasting was na de sarepta mosterd aan het eind van de peenteelt minder groot dan zonder tussengewas (Breton, Aubree et al. 2011).

## 5.8 Detectie

In Engeland waren er twee testkits ontwikkeld door middel van serologische technieken (Elisa). Beide testkits bleken niet altijd een goede voorspelling te geven van de aantasting. Een analyse in het voorjaar, wanneer het nog vochtig was en de temperatuur ging oplopen, gaf de beste resultaten. Een moleculaire analyse biedt meer onderscheidend vermogen en hoewel de primers bekend zijn voor het onderscheiden van *P. violae* en *P. sulcatum* lijkt het grootste probleem te zijn dat het aantonen van 1 propagel per 30 g grond onoverkomelijk is. Dit is de dichtheid die al voor grote problemen kan zorgen (Hiltunen and White 2002). Ook in Nederland is door het PPO een testkit getest (Lamers 1999). Er was evenwel te weinig relatie met het optreden van cavity spot in een biotoets waarin grond van diverse percelen was opgenomen. In Noorwegen werd een PCR test voor 5 *Pythium* spp ontwikkeld (Klemsdal, Herrero et al. 2008). Dit is dan nog een kwalitatieve manier om de besmetting te bepalen en niet een kwantitatieve wijze. PCR-detectie van *P. violae* is volgens Barbara (pers. med.) goed te doen, maar het verloop van de ziekte in een seizoen is volledig afhankelijk van de omstandigheden zoals vocht en in mindere mate de temperatuur. De aanwezigheid van *P. violae* die aan het begin van het groeiseizoen op deze wijze wordt gedetecteerd, zegt dan nog maar weinig over de hoeveelheid aantasting die aan het eind van het seizoen zal optreden.

---

<sup>7</sup> <http://westernfarmpress.com/cavity-spot-carrot-eludes-mustard-biocides>



## 6 Voorstel voor onderzoek

Op basis van voorgaand rapport kunnen twee onderzoeksrichtingen geformuleerd worden. De eerste is meer biologisch van aard en de tweede chemisch. De biologische richting is wellicht meer duurzaam, maar de effectiviteit kan wisselend zijn. De chemische richting is op korte termijn perspectiefvol maar de vraag is hoe lang de chemische middelen gebruikt kunnen worden, vanwege resistentieopbouw van het pathogeen of de adaptatie van de grond waardoor het chemische middel versneld afbreekt.

### 6.1 Chemische bestrijding

Een goed middel waarmee cavity spot kan worden bestreden is middel A.a. Evenwel de werking van middel A.a gaat vrij snel verloren doordat de bodem zich aanpast, waardoor het middel versneld wordt afgebroken. Door deze adaptatie van de bodem is de reductie in cavity spot slechts 50 % van de normale werking. Voor een goede werking mag de aantasting van een peengewas niet meer bedragen dan 2 á 3 % cavity spot. Hoopvol is dat in de groep van nieuwe fungiciden er middelen zijn die een goede werking laten zien op *P. sulcatum* en *P. violae* in het lab, maar ook in het veld. Onder andere middel Q, een benzamide, en middel E, een cyanoimidazool, bestrijden cavity spot. Deze middelen hebben al een toelating voor bestrijding van *Phytophthora infestans*. Daarnaast bestrijdt middel I de belangrijkste veroorzaker van cavity spot (*P. violae*) in Californië, maar niet die in Michigan, want daar is de belangrijkste veroorzaker *P. sulcatum*. Er van uitgaande dat in de IJsselmeerpolders wellicht *P. violae* de belangrijkste veroorzaker is dan kan daar naast middel Q en middel E ook middel I getest worden.

Een geheel nieuw fungicide is middel B met goede milieu-eigenschappen, die veel oömyceten bestrijdt. Wellicht zijn er nog meer middelen zoals middel B die getest kunnen worden op hun werking tegen cavity spot.

### 6.2 Biologische bestrijding en bodemontsmetting

*Pythium violae* en *P. sulcatum* zijn langzaam groeiende *Pythium* schimmels. Snel groeiende *Pythium* schimmels in het algemeen zijn gevoelig voor bodemomstandigheden en dan met name de biologische activiteit van de bodem. Zij breiden vaak uit als het bodemmilieu verstoord is, zoals na introductie of herkolonisatie na grondontsmetting, inundatie en dergelijke. Enige tijd nadat voedingsstoffen zijn toegediend raakt het voedsel op en worden de snelle groeiers teruggedrongen door bodemorganismen die langzaam groeien en bijvoorbeeld met antibioticum productie de snelle groeiers verder terugdringen. Dit mechanisme zorgt ervoor dat bijvoorbeeld de toediening van gerijpte compost (weinig voedsel, veel ziekteverende organismen) een gunstig effect heeft op een met *Pythium* besmette bollegrond die geïnundeerd is geweest (Os and Ginkel 2001). Tegen *P. coloratum* en/of *P. sulcatum* die verantwoordelijk zijn voor cavity spot in West Australië, bleek de toevoeging van kalk in de vorm van carbonaat de pH te verhogen, maar waarschijnlijk was een flink deel van de werking van kalk toe te schrijven aan een verschuiving in de bodemflora. Door de kalkbemesting was het aandeel van de actinomyceten in de bodem, die vaak verantwoordelijk zijn voor ziektevering, toegenomen (El-Tarabily, Hardy et al. 1996). De kalkbemesting zal minimaal een maand voor het zaaien toegepast moeten worden om de verschuiving in de bodemflora op tijd te realiseren. Ca-bemestingen die op tijd worden uitgevoerd, hebben dan mogelijk zin bij *P. sulcatum* dat veel vóórkomt in onze zandgronden. Twee peen contracterende bedrijven hebben ervaringen met Ca-bemestingen en zij geven aan dat de werking wisselvallig en onvoldoende is. De vraag is of zij de Ca-bemesting veel eerder dan bij het zaaien hebben uitgevoerd.

Wellicht dat de veroorzakers van cavity spot te bestrijden zijn met een verschuiving in de bodemflora met Ca of met compost ten gunste van ziektevering. Wellicht is dit proces te bevorderen met gerichte introductie van antagonisten. In Engeland is onderzoek uitgevoerd, onder andere naar hoe de aanwezigheid van *P. oligandrum* door diverse gewassen gestimuleerd kan worden. Uit de resultaten bleek dat de aanwezigheid van *P. oligandrum* meer door andere factoren wordt beïnvloed dan door de teelt van

gewassen (Hiltunen and White 2002). De toepassing van fungiciden in de peenteelt bijvoorbeeld ging de aanwezigheid van *P. oligandrum* tegen. In de biologische teelt worden geen fungiciden gebruikt, dus kan *P. oligandrum* een rol spelen. Toch worden de kansen voor *P. oligandrum* niet hoog aangeslagen (Hiltunen and White 2002). Waarschijnlijk komt de schimmel te laat of is in te lage dichtheden aanwezig om *P. violae* effectief tegen te kunnen tegenwerken.

De langzame groei van *P. violae* en *P. sulcatum* op de wortel maakt het mogelijk om naar antagonisten te zoeken die het worteloppervlak beschermen. Dit moeten dan antagonisten zijn die zich niet alleen makkelijk over en in de huid van de jonge zaadwortel verspreiden maar zich ook in stand houden op de dikker wordende peenwortel. Deze heeft een andere fysiologie en vereist andere eigenschappen van de antagonisten.

Een van de nieuwe antagonisten met potentie is een isolaat van *Lysobacter*, die geïsoleerd is uit een ziekteverende grond voor *Rhizoctonia*. Het is mogelijk deze antagonist op restmaterialen aan de bodem toe te dienen om de ziektevering te verhogen (Postma, pers. med. 2011). Op schaal was de antagonist effectief tegen *P. violae* en *P. sulcatum*. Een andere antagonist die effectief is gebleken in de bollenteelt is *Pseudomonas fluorescens* isol SS101 (Boer, Os et al. 2006). Deze antagonist bestrijdt de zwemsporen van *Pythium*. De kweek van de antagonist is vaak een probleem. De antagonist kan zich meestal niet in alle gronden vestigen waardoor de werking niet op alle plaatsen aanwezig is. De toelating wordt dan niet aangevraagd vanwege de kosten die erg hoog zijn. Hierdoor hebben er maar weinig antagonisten een toelating gevonden.

Een toelating heeft al wel *Trichoderma*. *Trichoderma* blijkt in een aantal situaties een effect te hebben op cavity spot, wellicht in de bewaring. Mogelijk kan de werking van *Trichoderma* op cavity spot nog verbeterd worden door een combinatie met kalk of met compost.

Een geheel nieuwe wijze van biologisch ontsmetten is met toepassing van biologische grondontsmetting. Tijdens dit proces wordt de bodemflora tijdelijk sterk veranderd. Dit zou een groot indirect effect kunnen hebben op de aanwezigheid van cavity spot veroorzakende *Pythium* schimmels. Met name op productieve peengronden kan dit een effectieve manier zijn om in een rustjaar de grond vrijwel volledig van meerdere pathogenen te bevrijden. Ook kan de biologische grondontsmetting een langere duurwerking hebben, waardoor meerdere jaren peen geteeld kan worden voordat weer de grond biologisch ontsmet moet worden.



## 7 Literatuur

- Al-Rawahi, A. K. and J. G. Hancock (1997). "Rhizosphere competence of *Pythium oligandrum*." Phytopathology **87**(9): 951-959.
- Blok, W. J., J. G. Lamers, et al. (2000). "Control of Soilborne Plant Pathogens by Incorporating Fresh Organic Amendments Followed by Tarping." Phytopathology **90**(3): 253-259.
- Boer, M. d., G. J. v. Os, et al. (2006). "Biological control of soil-borne diseases in flower bulb cultivation in the Netherlands." Bulletin OILB/SROP **29**(2): 83-87.
- Breton, D., N. Aubree, et al. (2011). Field study on the effect of vegetation cover with fumigation on two diseases of carrot: the cavity-spot and black scurf. Alfortville, Association Francaise de Protection des Plantes (AFPP).
- Cordier, C., C. Luneau, et al. (2009). Biological control of cavity spot of carrots: the use of biological control agent *Trichoderma atroviride* I-1237. Alfortville, Association Francaise de Protection des Plantes (AFPP).
- Davis, R. M. and J. J. Nunez (1999). "Influence of crop rotation on the incidence of *Pythium*- and *Rhizoctonia*-induced carrot root dieback." Plant disease **83**(2): 146-148.
- Davison, E. M., G. C. MacNish, et al. (2003). "*Pythium* spp. from cavity spot and other root diseases of Australian carrots." Australasian Plant Pathology **32**(4): 455-464.
- Davison, E. M. and A. G. McKay (2003). "Host range of *Pythium sulcatum* and the effects of rotation on *Pythium* diseases of carrots." Australasian Plant Pathology **32**(3): 339-346.
- El-Tarabily, K. A., G. E. St J. Hardy, et al. (1996). "Microbiological differences between limed and unlimed soils and their relationship with cavity spot disease of carrots (*Daucus carota* L.) caused by *Pythium coloratum* in Western Australia." Plant and soil **183**(2): 279-290.
- El Tarabily, K. A., G. E. St J Hardy, et al. (1996). "Association of *Pythium coloratum* and *Pythium sulcatum* with cavity spot disease of carrots in Western Australia." Plant-Pathology (United Kingdom) **45**(4): 727-735.
- Hiltunen, L. H. and J. G. White (2002). "Cavity spot of carrot (*Daucus carota*)." Annals of applied biology **141**(3): 201-223.
- Huiskamp, Th., 1987. Projectverslag 1986, PAGV proj 32306.
- Huiskamp, T. (1990). Effects of high cropping frequency on yield and quality of carrots. XXXIII Intern. Hort. Congress. Firenze, Italie: 529.
- Huiskamp, T., J. A. Schoneveld, et al. (1991). Het optreden van cavity spot in peen. S. Zwanepol. Lelystad, PAGV Proefstation voor de Akkerbouw en de Groenteteelt in de Vollegrond. **Publikatie**: 202-211.
- Jacobsohn, R., D. Zutra, et al. (1984). "Studies of carrot cavity spot." Journal of Horticultural Science **59**(4): 529-535.

- Kenny, S. R., J. G. White, et al. (2001). Evidence for the enhanced degradation of metalaxyl in UK carrot soils. (Symposium Proceedings No. 78). Pesticide behaviour in soils and water. Proceedings of a Symposium organized by the British Crop Protection Council, Brighton, UK, 13-15 November 2001. Farnham, British Crop Protection Council: 133-138.
- Klemsdal, S. S., M. L. Herrero, et al. (2008). "PCR-based identification of *Pythium* spp. causing cavity spot in carrots and sensitive detection in soil samples." Plant Pathology **57**(5): 877-886.
- Lamers, J. (1999). "Peen : cavity spot in peen voorspelbaar." Vakdeel vollegrondsgroenten : gespecialiseerd vakdeel bij Groenten + fruit(27): 4-5.
- Lamers, J. and G. Korthals (2011). "Biofumigatie bestrijdt niet alle belagers." Groente en Fruit Actueel(2): 3.
- Lu, X. H., R. Michael Davis, et al. (2012). "Fungicide sensitivity of *pythium* spp. Associated with cavity spot of carrot in california and michigan." Plant disease **96**(3): 384-388.
- Lyshol, A. J., L. Semb, et al. (1984). "Reduction of cavity spot and root dieback in carrots by fungicide applications." Plant Pathology **33**(2): 193-198.
- Martin, F. N. and J. G. Hancock (1987). "The use of *Pythium oligandrum* for biological control of preemergence damping-off caused by *P. ultimum*." Phytopathology **77**(7): 1013-1020.
- Martinez, C., C. A. Levesque, et al. (2005). "Evaluation of fungicides for the control of carrot cavity spot." Pest management science **61**(8): 767-771.
- Montfort, F. and F. Rouxel (1988). "Cavity spot of carrots caused by *Pythium violae* Chesters and Hickman: symptomatological and etiological data in France." Agronomie (France) **8**(8): 701-706.
- Os, G. J. v. and J. H. v. Ginkel (2001). "Suppression of *Pythium* root rot in bulbous Iris in relation to biomass and activity of the soil microflora." Soil biology & biochemistry **33**(11): 1447-1454.
- Os, G. J. v., J. P. M. Wijnker, et al. (1999). "Effects of soil fumigation and flooding on suppression of *Pythium* root rot in ornamental bulb culture." European journal of plant pathology **105**(8): 791-800.
- Perry, D. A. and J. G. Harrison (1979). "Cavity spot of carrots. I. Symptomatology and calcium involvement." Annals of applied biology **93**(1): 101-108.
- Petch, G. and G. White (1995). "Coping with cavity spot." Grower(Februari 16): 18-20.
- Petch, G. M., R. B. Maude, et al. (1991). "Effect of film-coat layering of metalaxyl on the germination of carrot seeds, their emergence and the control of cavity spot." Crop protection **10**(2): 117-120.
- Plentinger, M. C. and J. G. Lamers (1998). "Pythium vergt complexe aanpak." PAV-bulletin Vollegrondsgroenteteelt: februari 1999: 13-15,.
- Savelon, S. and J. L. Vandemoortele (2001). "An efficient in vitro test to determine carrot genotypes resistance to cavity spot." Mededelingen (Rijksuniversiteit te Gent. Fakulteit van de Landbouwkundige en Toegepaste Biologische Wetenschappen) **66**(2 a): 61-70.
- Schelling, G. and J. Theunissen (2000). "Onderzaai van klaver in peen." Ekoland **5**: 20-23.
- Suffert, F., D. Delalande, et al. (2008). "Modulation of primary and secondary infections in epidemics of carrot cavity spot through agronomic management practices." Plant Pathology **57**(1): 109-121.

Suffert, F. and F. Montfort (2007). "Demonstration of secondary infection by *Pythium violae* in epidemics of carrot cavity spot using root transplantation as a method of soil infestation." Plant Pathology **56**(4): 588-594.

Velema, R. "Het effect van Leco Backup op het optreden van cavity spot in waspeen."

Wagenvoort, W. A., I. Babik, et al. (1985). "The effect of oxygen supply and calcium levels in hydroponic culture on the occurrence of carrot cavity spot." Soiless Culture **1**(1): 67-72.

White, G. (1991). "Curing spotty carrots." Grower(June 27): 9-10.

White, G. (1993). "A natural approach to cavity spot." Grower(November 4): 9-10.