

Literatuuronderzoek naar het optreden van *Cylindrocarpus* in de teelt van aardbeien

Aangevuld met informatie over andere pathogenen betrokken bij het ziektecomplex Zwart wortelrot of "Black root rot"

A. Evenhuis

© 2007 Wageningen, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving 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 Praktijkonderzoek Plant & Omgeving.

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V. is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.



Projectnummer: 3250068200

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

AGV

Adres : Edelhertweg 1, 8219 PH Lelystad

: Postbus 430, 8200 AK Lelystad

Tel. : 0320 - 29 11 11

Fax : 0320 - 23 04 79

E-mail : infoagv.ppo@wur.nl

Internet : www.ppo.wur.nl

Inhoudsopgave

pagina

1	INLEIDING	5
2	EPIDEMIOLOGIE.....	7
2.1	Zwart wortelrot.....	7
2.1.1	Cylindrocarpon destructans (Nectria radicola).....	7
2.1.2	Rhizoctonia species	9
2.1.3	Pythium en Fusarium.....	9
2.2	Symptomen.....	9
2.3	Schade	11
2.4	Bodem.....	12
2.5	Uitgangsmateriaal.....	12
2.6	Bewaring.....	13
2.7	Teelt.....	13
3	GEWASBESCHERMING	15
3.1	Vruchtwisseling.....	15
3.2	Chemische bestrijding	15
3.3	Biologische grondontsmetting.....	16
3.3.1	Cylindrocarpon	16
3.3.2	Rhizoctonia	16
3.3.3	Pythium.....	16
3.4	Biofumigatie	16
3.4.1	Cylindrocarpon	16
3.4.2	Rhizoctonia	16
3.5	Microbiële activiteit en ziekte werende gronden.....	16
3.6	Grondbehandelingen	17
3.7	Nutriënten.....	17
3.8	Teeltmaatregelen.....	18
4	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	19
5	CYLINDROCARPON IN DE TEELT VAN AARDBEIEN, EEN OVERZICHT	21
6	LITERATUUR.....	23
	BIJLAGE 1. VERKLARENDE WOORDENLIJST.....	25

1 Inleiding

In 2006 vielen in sommige teelten van aardbeien planten weg, zonder een direct aanwijsbare oorzaak. Problemen werden vooral gemeld in normaalteelten en tunnelteelten op stellingen. Bij de gekoelde teelten werd sporadisch aantasting waargenomen. De planten zijn geplant in augustus 2005. In het voorjaar van 2006 deden zich problemen voor in de vorm van aantasting en wegval van planten. De schade voor de teler kan zeer groot zijn omdat gehele plantingen kunnen wegvallen.

Telers hebben plantmateriaal van uitgevallen planten laten analyseren op de aanwezigheid van pathogenen. Met genetische analyse kon op plantmateriaal van alle bedrijven *Cylindrocarpon* aangetoond worden in de afgestorven planten. Daarnaast werden ook andere schimmels, zoals *Verticillium* en bacteriën in het plantmateriaal aangetroffen. De andere micro-organismen kwamen echter niet op alle bedrijven, waarvan plantmateriaal was ingestuurd, voor. Dit deed vermoeden dat *Cylindrocarpon* als oorzaak van het wegvallen van de planten gezien moet worden. *Cylindrocarpon* staat echter bekend als een zwakteschimmel. Het is onduidelijk of *Cylindrocarpon* de primaire oorzaak is van het afsterven van de planten. Daarnaast is niet bekend onder welke omstandigheden een aantasting door deze schimmel verwacht mag worden. Naast *Cylindrocarpon* komen ook nog andere zwakteparasieten voor in aardbeien. Mogelijk wordt het wegvallen van planten veroorzaakt door meerdere schimmels en hebben we hier te maken met een ziektecomplex. Kennis over dergelijke schimmels is beschreven in de wetenschappelijke literatuur, maar is nog niet geïnventariseerd.

Het doel van het onderzoek is kennis over *Cylindrocarpon* in de teelt van aardbeien op te zoeken in de wetenschappelijke literatuur. Informatie wordt verzameld over de levenswijze van de schimmel en mogelijke beheersmaatregelen. Naast *Cylindrocarpon* zijn ook andere schimmels en nematoden betrokken bij het zogenaamde "Zwart wortelrot" (ZWR) of "Black Root Rot" ziektecomplex. Summier wordt informatie over preventie, beheersing en bestrijding van deze bodempathogenen ook in het rapport opgenomen. In de bijlage is een verklarende woordenlijst opgenomen.

2 Epidemiologie

2.1 Zwart wortelrot

Het ziektecomplex dat in de literatuur bekend staat als “zwart wortelrot” of “black root rot” heeft niet één oorzaak, maar meerdere. Planten kunnen gevoelig worden voor infectie door nadelige groeiomstandigheden, zoals vorst, waterverzadigde bodem, echte parasitaire schimmels (*Verticillium dahliae*; *Phytophthora spp*) en het wortellesieaaltje. In buitenteelten van aardbei wordt door afwisselend vorst en dooien infectie van het wortelgestel door *Fusarium*, *Cylindrocarpon destructans* en andere bodemschimmels bevorderd. Op zandgronden wordt de ziekte vaak geassocieerd met *Pythium*, terwijl op de wat zwaardere gronden *Rhizoctonia* de boventoon voert. Naast genoemde pathogenen wordt ook *Idriella lunata* genoemd als veroorzaker van zwart wortelrot (Maas, 1998). Verwacht mag worden dat ook plant pathogene aaltjes die zich voeden op wortels betrokken kunnen zijn bij het ziektecomplex. *Pratylenchus penetrans* is hiervan de belangrijkste vertegenwoordiger.

In Duitsland werd *Cylindrocarpon* het vaakst geïsoleerd van met zwart wortelrot aangetaste planten. In afnemende mate werden ook schimmels van de geslachten *Fusarium* en *Pythium* geïsoleerd. Naast deze drie schimmelsoorten werden nog een 10-tal andere schimmelsoorten gevonden (Zinkernagel, 1970). Opvallend was dat geen *Rhizoctonia spp.* werden waargenomen.

Meestal werden meerdere schimmelsoorten van een en dezelfde wortelstukjes geïsoleerd. Dit is een aanwijzing dat meerdere schimmels betrokken zijn bij het ontstaan van ZWR (Zinkernagel, 1970). In Californië werd *Cylindrocarpon destructans*, *Pythium ultimum* en *Pythium irregulare* het vaakst geïsoleerd van planten met symptomen van ZWR (Yuen et al., 1991). Vaak is onduidelijk welk van deze sub-lethale pathogenen de boventoon voert als het gaat om groeireductie en opbrengstvermindering. Dit zou afhankelijk kunnen zijn van regio, tijdstip van het jaar, grondsoort, productiewijze en teeltmaatregelen (Martin & Bull, 2002). Bijvoorbeeld in Californië wordt ZWR niet geassocieerd met het voorkomen van het wortellesieaaltje. In het Noordoosten van de Verenigde Staten speelt *Pratylenchus penetrans* (wortellesieaaltje) wel een rol bij het ontstaan van aantasting in het ZWR-complex (Martin, 2003).

In een survey in Finland werden voornamelijk *Fusarium* soorten op wortels van aardbeiplanten gevonden. *Fusarium avenaceum* kwam het vaakst voor. Daarnaast kwamen ook *C. destructans*, *Rhizoctonia solani* en *Botrytis cinerea* vaak voor (Ylimäki, 1970; Parikka, 1981).

In Italië werden het vaakste *Rhizoctonia spp* als de belangrijkste wortelpathogenen in verband gebracht met ZWR. Naast *Rhizoctonia* werden ook *C. destructans*, *Fusarium oxysporum*, *F. solani*, *Pestalotia longiesta* en andere zwakte parasieten gevonden (Manici et al., 2005).

Recent is aangetoond dat *Gnomonia fragariae* wortelrot kan veroorzaken in aardbeien. Uit een survey in Litouwen en Zweden bleek dat deze schimmel frequent voorkwam op aangetaste planten die achterbleven in de groei en verwerkingsverschijnselen vertoonden vergelijkbaar met ZWR (Morocco et al., 2006).

Uitgebreide isolaties van wortels van 2 aardbeirassen in de Verenigde Staten liet zien dat *Pythium* in 25% van de gevallen geïsoleerd werd van wortellesies uit het ras Surecrop. Bij het ras Cyclone behoorde 26% van de isolaten tot de *Rhizoctonia* soorten. In totaal werden 81 verschillende soorten schimmels van aangetaste wortels geïsoleerd (Nemec, 1970).

Verskillende pathogenen kunnen verantwoordelijk zijn voor de aantasting die bekend staat onder de naam zwart wortelrot. Welke pathogenen de hoofdrol spelen is afhankelijk van de locatie, en kan ook in de loop van de tijd veranderen. Factoren die de wortelgroei belemmeren lijken infectie door ZWR veroorzakende pathogenen te stimuleren (Wing et al., 1995).

Cylindrocarpon, *Rhizoctonia*, en *Pythium* worden het vaakste in verband gebracht met zwart wortelrot.

2.1.1 *Cylindrocarpon destructans* (*Nectria radicola*)

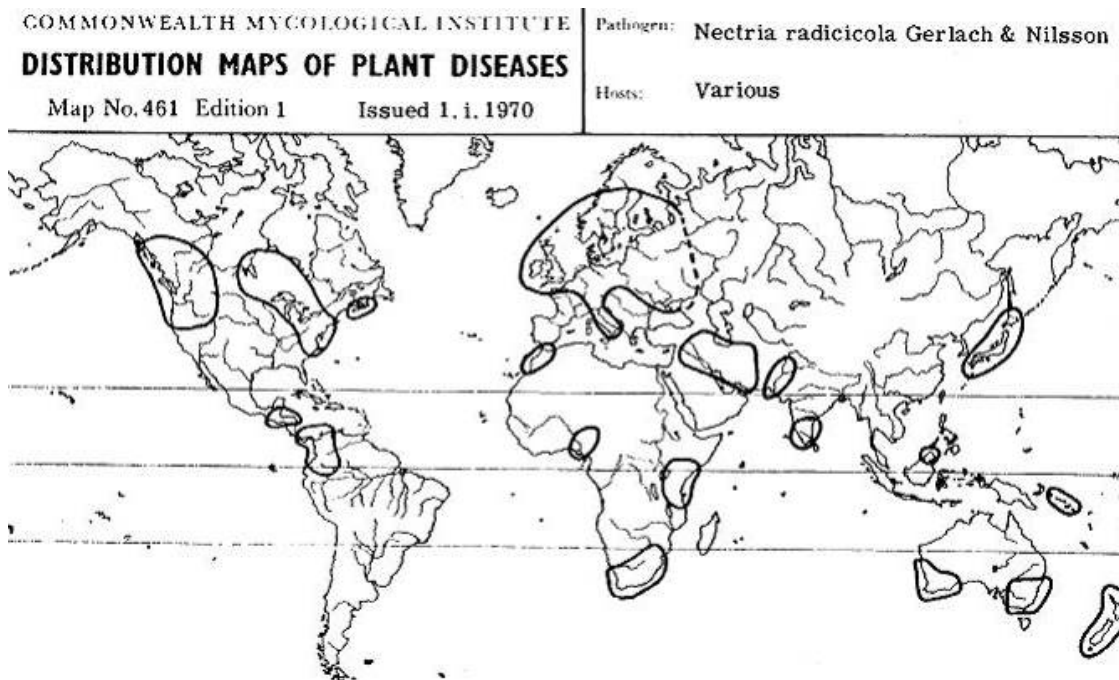
Het geslacht *Cylindrocarpon* bestaat uit vele verschillende soorten (Booth, 1967). Een voor aardbeien belangrijke vertegenwoordiger van dit geslacht is *Cylindrocarpon destructans*.

C. destructans is onder meerdere namen beschreven:

- *Cylindrocarpon destructans* (Zinssmeister) Scholten
- *Cylindrocarpon radicola* Wollenweber
- *Fusarium rhizogenum* Aderhold
- *Ramularia destructans* Zinssmeister
- *Septocylindrium aderholdii* Sacc. & Sydow

C. destructans is pathogeen voor diverse gewassen. Het betreffen één- en twee-zaadlobbigen, zoals diverse Rubus soorten, aardbei, druif, ginseng, diverse boomsoorten, coniferen (Booth, 1967; Maas, 1998; Dumroese & James, 2005). De schimmel komt algemeen voor in de rhizosfeer, dat wil zeggen in, op en rond de wortels van planten (Dumroese & James, 2005).

De schimmel komt wereldwijd voornamelijk voor in de gematigde gebieden (Figuur 1). Het betreft hier zowel saprofytische als pathogene stammen. Het is onduidelijk in hoeverre ziekteverwekkende stammen waardplantenspecifiek zijn. Indien stammen zeer waardplantenspecifiek zijn voor bijvoorbeeld aardbei dan infecteren ze alleen dit gewas. Hebben de stammen een brede waardplantenreeks, dan kunnen ze vele plantensoorten infecteren. De grond vormt meestal de inoculumbron. De schimmel is in staat gedurende lange tijd als saprofiet of in de vorm van dikwandige ruststructuren te overleven. Verspreiding van de schimmel is mogelijk via gronddeeltjes (Booth, 1967), die bijvoorbeeld aan fust of machines blijven hangen. In de containerteelt van bomen kan de schimmel overleven op grond aan potten en zo een volgend gewas infecteren (Dumroese & James, 2005). In principe zou deze besmettingswijze ook kunnen optreden in de teelt van aardbeien, bijvoorbeeld in trayplanten of kisten waarin planten worden verpakt als deze niet zorgvuldig schoon gemaakt of ontsmet worden.



Figuur 1. Het verspreidingsgebied van *Cylindrocarpon destructans* (*Nectria radiocicola*), zoals dat in 1970 bekend was (Anonymus, 1970).

Cylindrocarpon vormt micro- en macro-conidiën. Micro-conidiën van *C. destructans* zijn 7-12 x 2.7 x 4.1 µm. Macro conidiën zijn groter. Afhankelijk van het aantal septen varieert de grootte van 11-22 x 3-6 µm. Isolaten van de schimmel groeiden bij 5, 10, 15, 20 en 25°C, waarbij de grootste mate van groei werd gemeten bij 25°C (Petit & Gubler, 2005). Verspreiding van de sporen gaat meestal via water, spatverspreiding of gronddeeltjes (Booth, 1967). Irrigatiewater kan een belangrijk middel van verspreiding van de ziekteverwekker vormen.

Het wortellesieaaltje *Pratylenchus penetrans* voedt zich op wortels en maakt daarmee wonden in het

wortelstelsel. *Cylindrocarpon* kan gebruik maken van deze wonden om de plant binnen te dringen. Net zoals dat bijvoorbeeld geldt voor *Verticillium* en andere schimmels (Maas, 1998).

In kasexperimenten bleek een combinatie van het wortellesieaaltje (500 / g grond) en *Cylindrocarpon* de groei van aardbeiplanten met 25 – 30% te verminderen. Dit ging gepaard met wortelnecrose. Was slechts een van de beide ziekteverwekkers aanwezig dan werd geen groeivermindering gevonden (Szczygie & Profic-Alwasiak, 1986).

C. destructans wordt gevonden in het wortelgestel en komt vaker voor na vorstschade (normaalteelt), bij overige schade aan de wortels en met toenemende leeftijd van de planten in de meerjarige teelten (Parikka & Kukkonen, 2002). Aantasting van de wortels kan al optreden voor de winter (Kukkonen et al., 2004). Waterverzadigde substraten of grond stimuleren de ontwikkeling van *C. destructans* (Dumroese & James, 2005).

2.1.2 Rhizoctonia species

Zowel *R. fragariae* als *R. solani* komen voor op aardbeien. *R. fragariae* wordt in verband gebracht met ZWR en is mogelijk de meest wijd verbreide ZWR pathogeen (Maas, 1998). Onduidelijk is of ook *R. solani* tot dit ziektecomplex behoort. *Rhizoctonia solani* kent verschillende anastomose groepen (AG). De aanwezigheid van *R. solani* betekent daarom niet zonder meer dat deze een ziekteverwekker is van aardbeien. Dit hangt van de anastomose groep af, waartoe de schimmel behoort.

Aardbeien geteeld op gronden met *Rhizoctonia fragariae* gaven de typische symptomen van “Black Root Rot”. In de aanwezigheid van het wortellesieaaltje (*Pratylenchus penetrans*) nam de mate van aantasting door *Rhizoctonia* toe. Hoe hoger de aaltjesdichtheid des te groter de aantasting door de schimmel. Bij 24 °C was de aantasting hoger dan bij 10°C (LaMondia et al., 1989).

In Italië is de kolonisatie van de wortels door micro-organismen gevolgd. In de betreffende studie bleek dat het aandeel *Rhizoctonia* op de wortels sterk toenam gedurende de winter tot vlak voor de oogst (Manici, 2005). De auteurs beschrijven niet welke *Rhizoctonia* soorten geïsoleerd werden.

2.1.3 Pythium en Fusarium

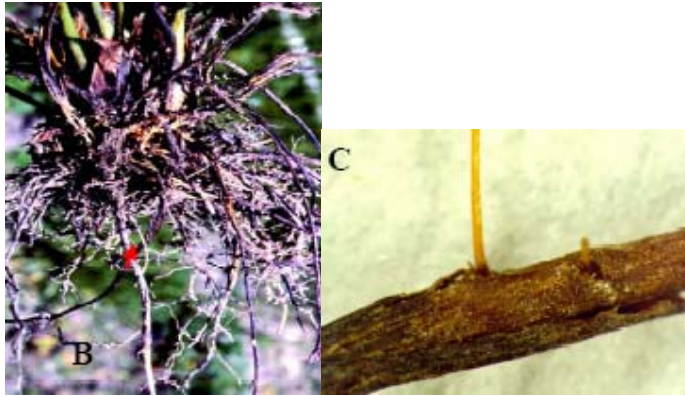
Pythium en *Fusarium* worden ook in verband gebracht met ZWR. Van beide soorten bestaan pathogene en niet pathogene stammen. Als een vuistregel in de boomteelt wordt aangehouden dat meer dan 100 kolonie vormende eenheden (kve) van *Pythium* en meer dan 1000 kve van *Fusarium* schadelijk zijn voor het gewas (Dumroese & James, 2005). In hoeverre dit ook geldt voor aardbeien is niet onderzocht.

2.2 Symptomen

Zwart wortelrot laat zich vooral herkennen door een donkerbruin- tot zwartkleuring van het wortelgestel, gevolgd door afsterving van de wortels. Dit leidt uiteraard tot achterblijven van de groei en opbrengst (Zinkernagel, 1970; Maas, 1998).

Het wortelgestel van aangetaste planten blijft kleiner dan dat van gezonde platen. Donkere lesies zijn zichtbaar op de hoofd- en zijwortels (Figuur 2). In de onderzochte platen bleek 40% van het weefsel van de hoofdwortel gerot, en dat leidde tot afsterven van de zijwortels (NC, 2005). De hoofdwortels zijn vaak kaal, en verkurkt. Bij het afstrippen van de buitenste wortellaag blijft de witte centrale cylinder over, waarop geen lesies te vinden zijn (Zinkernagel, 1970).

Inoculatieproeven met *Fusarium*, *Cylindrocarpon* en *Phoma* toonden aan dat de schimmels de aardbei infecteerden via wondjes in de zijwortels. Afwisselend vriezen en dooien, extreme droogte en plaagorganismen zorgden voor ingangen van de pathogenen (Ylimaki, 1970).



Figuur 2. **Black Root Rot op aardbeiwortels B en detail opname C (NC State University, Verenigde Staten. <http://www.smallfruits.org/Strawberries/MBAgentTraining2005/Wed/Louws1.pdf>).**

Bovengronds leidt aantasting vaak tot een vorm van verwelking (Figuur 3A; Hutton & Gomez, 2005). En begint veelal met het verwelken van de hartbladeren. Nadien vergelen en verdorren ook de buitenste bladeren (Zinkernagel, 1970). Het buitenste weefsel van het rhizoom kan een zwartverkleuring geven (Figuur 3B; Hutton & Gomez, 2005).



Figuur 3. **Symptomen van Black Root Rot op het ras Karbala afkomstig uit Queensland. Links symptomen op het blad en rechts op de wortel. Uit het aangetaste weefsel werd *Cylindrocarpon*, *Fusarium*, *Pythium* en *Rhizoctonia* geïsoleerd (Hutton & Gomez, 2005).**

Figuur 4 (DLV Plant) geeft een beeld van aantasting door *Cylindrocarpon*, zoals waargenomen in 2006. De bladstelen van de plant verkleuren rood, de vruchten blijven klein. Het wortelgestel heeft vrijwel geen haarwortels. Uiteindelijk leidde de aantasting tot het wegvallen van planten.



Figuur 4. Bovengronds symptoom op een aardbeiplant aangetast door *Cylindrocarpon*, zoals waargenomen in Nederland in 2006 (Foto DLV Plant).

2.3 Schade

Verticillium en *Phytophthora* kunnen beschouwd worden als echte pathogenen. Deze ziekteverwekkers kunnen volgroeide planten aantasten en zorgen voor wegval. Pathogenen die ZWR veroorzaken zijn over het algemeen niet dodelijk voor de plant, maar kunnen wel aanzienlijke schade veroorzaken in de vorm van opbrengstreductie (Martin & Bull, 2002). De vraag die zich voordoet is onder welke omstandigheden BBR – veroorzakende pathogenen daadwerkelijk schade doen?

Door het afsterven van de wortels als gevolg van ZWR kan de plant onvoldoende water en voedingsstoffen opnemen en blijft achter in de groei, met schade als gevolg.

Inoculatie proeven met besmet plantmateriaal wezen uit dat *Rhizoctonia fragariae* het meest agressief was, gevolgd door *Cylindrocarpon destructans* [*Nectria radicola*], *Fusarium solani* en *Pythium spp.* (Ciccarese & Cirulli, 1983).

Opbrengstverliezen van 25 tot 85% zijn, afhankelijk van het geteelde ras, waargenomen in Californië op niet ontsmette percelen. Als oorzaak voor deze opbrengstverliezen werden *Pythium*, *Rhizoctonia* en *Cylindrocarpon* genoemd (Martin & Bull, 2002). Proeven in de periode 1999-2004 lieten zien dat er behoorlijke opbrengstverliezen waren bij rassen als Camarosa, Diamanté en Oso Grande als gevolg van ZWR. Rassen als Cal Giant 4 en Ventana ondervonden nauwelijks schade van ZWR veroorzakende pathogenen (Martin, 2005). Dit geeft aan dat sommige rassen tolerant of resistent zijn voor het optreden van pathogenen die tot het ZWR-complex behoren.

Schade door het wortellesieaaltje ontstaat vaak al bij zeer lage aantallen (< 50 / 100 g grond). Inoculatie van de grond met *Verticillium dahliae* of *Cylindrocarpon destructans* in aanwezigheid van het aaltje verlaagde de schadedrempel voor het aaltje met de helft (Szczygie, 1983). Dit geeft aan dat er een

synergistische werking is tussen beide pathogenen, wat leidt tot versneld afsterven van de plant. Schade wordt vooral gemeld in teelten al gedurende meerdere jaren op het veld hebben gestaan (Parikka & Kukkonen, 2002). De eerste symptomen op de wortels worden vaak gevonden in de winter (Nemec, 1975). In Nederland bestond in 2006 de schade uit het wegvallen van planten, die als verse plant in augustus 2005 werden geplant. De planten begonnen al vroeg te groeien in februari 2006, maar in maart en april was het relatief koud waardoor de groei werd geremd. Eind april, begin mei groeiden de platen niet door. Bovendien groeiden de vruchten niet voldoende uit (pm Pijnenburg). Gesteld kan worden dat er sprake was van weinig groeikrachtige gewassen, hoewel in een aantal gevallen gemeld werd dat de gewassen er voor het wegvallen goed bij stonden. Onduidelijk is of de oorzaak van het niet groeikrachtig zijn van het gewas gezocht moet worden in aantasting door ZWR pathogenen. Mogelijk dat doordat de gewassen niet groeikrachtig waren, als gevolg van de kou in combinatie met een slechte bodemgesteldheid (wateroverlast, dichte structuur), de ZWR veroorzakende pathogenen de kans hebben gekregen om de plant te infecteren. Wellicht heeft dit uiteindelijk geleid tot wegval van het plantmateriaal. De teelten waarin de meeste schade werd gemeld hebben gedurende de winter buiten gestaan. In de gekoelde teelten werd weinig tot geen schade gemeld.

2.4 Bodem

In Fins onderzoek werd gekeken naar inoculumdichtheid in de bodem. Grond werd verzameld van “oude” en “jonge” aardbeivelden en velden waar nog geen aardbeien hadden gestaan. Op deze grond werden testplanten uitgeplant. Na verloop van tijd werd de mate van wortelsymptomen bepaald. De mate van wortelaantasting in velden waar 18 tot 25 jaar aardbeien hadden gestaan was tussen de 30 en 50%. In velden waar 5 tot 10 jaar aardbeien hadden gestaan was de mate van aantasting circa 20%. In velden waar nog niet eerder aardbeien hadden gestaan was de aantasting van het wortelgestel maximaal 10%. Een goede correlatie werd gevonden tussen de mate van pathogenen in de grond, uitgedrukt als mate van aantasting van de wortels in een biotoets en de aantasting van de wortels in het veld zelf. Dit geeft aan dat een biotoets geschikt is om te bepalen of *Cylindrocarpon* in de grond aanwezig is. Geen correlatie werd gevonden tussen de mate van wortelaantasting in het veld en de gezondheid van het uitgangsmateriaal, noch met de dichtheid van het wortelbesiedingsaaltje in de grond. Voornamelijk *Fusarium* en *Cylindrocarpon* werden geïsoleerd van de aangetaste wortels (Kukkonen et al., 2004).

Uit dit onderzoek komt naar voren dat de grond een inoculumbron kan vormen. Daarnaast lijkt het erop dat naarmate langer of vaker aardbeien op een perceel hebben gestaan het probleem verergert. Met andere woorden de populatiedichtheid van het pathogenen kan zich opbouwen bij een continue teelt van aardbeien. Echter ook in velden waar niet eerder aardbeien hadden gestaan konden ZWR veroorzakende ziekteverwekkers terug gevonden worden.

Gegevens over de aanwezigheid van ZWR veroorzakende ziekteverwekkers in de grond in de Nederlandse situatie zijn er niet. Biotoetsen (Kukkonen et al., 2004), uitplanten van de grond op specifieke media of een qPCR-toets (Kernaghan et al., 2006) kunnen inzicht geven in de mate van aanwezigheid van *Cylindrocarpon* in de grond. Dergelijke toetsen kunnen ook gebruikt worden om de populatieverloop in verschillende rotatieschema's te bepalen.

2.5 Uitgangsmateriaal

Ontsmetting van velden voor uitgangsmateriaal, inclusief wachtbedden hebben mogelijk effect op zwart wortelrot in productievelden (Shaw & Larson, 1999). Echter onduidelijk is of pathogenen meekomen met plantmateriaal (Martin & Bull, 2002).

Plantmateriaal van teelten die in 2006 te kampen hadden met uitval als gevolg van *Cylindrocarpon* waren afkomstig van verschillende vermeerderders (persoonlijke mededeling Pijnenburg). Dit sluit niet uit dat de schimmel mee kan komen met het plantmateriaal, maar geeft aan dat het een generiek probleem betreft. In de teelt van aardbeien komt wortelbeschadiging voor bij het oprooien van de verse planten en bij het planten van het jonge verse uitgangsmateriaal op een wachtbed. Bij het rooien van het wachtbed ontstaat opnieuw wortelbeschadiging. Ook het uitplanten van gekoelde wachtbedplanten zal enige verwonding aan

de wortels met zich mee brengen. In potentie kunnen deze beschadigingen invalspoorten zijn voor pathogenen, waaronder de veroorzakers van ZWR. Bij de teelt waarbij gebruik gemaakt wordt van verse planten (stellingen, normaalteelt) zal wortelbeschadiging grotendeels beperkt blijven tot het moment van planten. Echter alleen verwonding van de wortels is niet genoeg om aantasting te geven. Op z'n minst moeten de ziekteverwekkers aanwezig zijn en de omstandigheden zodanig zijn dat infectie kan ontstaan. Een relatie tussen planttype en het optreden van ZWR is niet gevonden, en als die er al is dan hangt dat waarschijnlijk meer samen met de teeltwijze.

2.6 Bewaring

Schade aan planten in de koude bewaring wordt veroorzaakt door diverse schimmels, waaronder *Cylindrocarpon* (Maas, 1998). In een vijfjarige studie bleek de meeste schade in de bewaring veroorzaakt te worden door *Typhula* spp. Af en toe werd er een uitbraak van *Cylindrocarpon radicola*, *Fusarium* spp en *Sporotrichum* spp gevonden. Snel inkoelen verminderde de aantasting door ziektes (Lockhart, 1968). Onduidelijk is of de wijze van bewaring een rol heeft gespeeld bij de aantastingen in de gekoelde teelten. Het feit dat zich voornamelijk problemen hebben voorgedaan in stellingen- en normaalteelten in 2006 geeft aan dat de oorzaak van ZWR in de gekoelde teelten waarschijnlijk toch niet in de bewaring gezocht hoeft te worden.

2.7 Teelt

In de normaalteelt blijven de planten in de winter op het perceel. Dit geldt ook voor planten in tunnels en op stellingen. Bij beide teeltwijzen zijn de planten in meer of mindere mate onderhevig aan ongunstige en wisselende omstandigheden tijdens de winterperiode. De planten worden tijdens winterperiode vaak afgedekt met agryl om schade door wintervorst en wind te voorkomen. De planten blijven echter wel onderhevig aan temperatuurschommelingen en in het geval van de normaalteelt vaak ook aan een natte bodem. Gekoelde wachtbedplanten zijn in de winter niet onderhevig aan wisselende omstandigheden. Mogelijk dat hierin een verklaring schuilt voor wegval als gevolg van *Cylindrocarpon* in aardbeiteelten in Nederland in 2006. Echter het feit van overwintering in de grond of substraat alleen is niet een voldoende verklaring, anders zou het fenomeen ook vaker in andere jaren moeten zijn opgetreden. Mogelijk heeft het koude voorjaar in 2006, in combinatie met overmatige watergift en het dichtslaan van de grond geleid tot groeistagnatie en infectie door pathogenen van het ZWR – complex. In een aangetast gewas is het wortelstelsel slecht ontwikkeld waardoor bij oplopende temperatuur onvoldoende water kan worden opgenomen en de ziekte bovengronds tot expressie komt en uiteindelijk kan leiden tot het wegvallen van de aardbeiplanten.

3 Gewasbescherming

3.1 Vruchtwisseling

In Finland kwam zwart wortelrot vooral voor in percelen waar voorafgaand geen vruchtwisseling was toegepast. Opgemerkt moet worden dat het hier om meerjarige teelten gaat, in tegenstelling tot de Nederlandse situatie. De meest gevonden pathogenen waren *Fusarium*, *Cylindrocarpon*, *Rhizoctonia* en *Phoma* soorten. Rotatie met tussenpozen van meerdere jaren leidde wel tot een beter wortelgestel, maar niet tot minder pathogenen in de grond (Parikka & Kukkonen, 2002). Mogelijk wordt het gebrek aan achteruitgang van de populatiedichtheid veroorzaakt door de brede waardplantenreeks van *Cylindrocarpon* en de andere pathogenen betrokken bij het ZWR-complex. Dat toch minder ziekte werd gevonden komt mogelijk door een vorm van specialisatie of voorkeur van de schimmel op één waardplantsoort. In de Verenigde Staten werd onderzoek gedaan naar het effect van verschillende voorvruchten op ZWR in aardbeien. *Avena strigosa* (wilde haver) als voorvrucht verlaagde het aantal wortelbesmettingen in de wortel, maar had geen effect op *Rhizoctonia fragariae*. *Avena sativa* (cultuur haver) is een waardplant voor het wortelbesmetting, en verlaagde de inoculumdichtheid van *R. fragariae*. Het percentage aangetaste wortels was lager als een van de haversoorten als voorvrucht werden geteeld in vergelijking met continue teelt aardbei. Echter dit was alleen het geval bij bemesting met Ammonium-sulfaat en niet bij bemesting met Calcium-nitraat (Elmer & LaMondia, 1999). De auteurs suggereren dat door bemesting met ammonium sulfaat de beschikbaarheid van Mn verbeterd wordt als gevolg van een verlaging van de pH met 0.3 punt. In de Verenigde Staten wordt aangeraden geen aardbeien meer te telen op percelen waar eerder problemen zijn geweest met ZWR.

3.2 Chemische bestrijding

Chemische grondontsmetting met Metam-natrium gaf geen vermindering van ZWR in Californië (Yuen et al., 1991). Wellicht had dit te maken met de wijze van toepassing. Chemische grondontsmetting met andere middelen (Methyl-bromide & chloropicrine) had wel een vermindering van de aantasting met 19-61% tot gevolg en een verhoging van de opbrengst met 24-29% (Yuen et al., 1991). Metam-natrium heeft wel een dodende werking op *C. destructans* (Booth, 1967). The Oregon State University Extension geeft aan dat toepassing van Vapam ZWR kan voorkomen (<http://plant-disease.ippc.orst.edu/disease.cfm?RecordID=1040>) *Cylindrocarpon* werd geïsoleerd van 14% van de wortels als geen grondontsmetting werd toegepast. Werd wel grondontsmetting toegepast dan werd de schimmel niet geïsoleerd van aardbeiwortels. Een pathogeniteitstoets liet zien dat de geïsoleerde *Cylindrocarpon* geen wortelschade gaf, maar wel groeiremming. In hetzelfde onderzoek werden ook *Pythium* en *Rhizoctonia* getest. *Pythium* veroorzaakte wel ZWR en werd onderdrukt door grondontsmetting. *Rhizoctonia* veroorzaakte ook ZWR, maar werd niet onderdrukt door grondontsmetting (Duniway et al., 1998). De door de auteurs gebruikte grondontsmettingsmiddelen hebben geen toelating in Nederland. Uit veldwaarnemingen blijkt dat sommige pathogenen uit het ZWR complex worden bestreden door toepassing van Aliette. Wetenschappelijke bewijzen zijn hiervoor niet gevonden (<http://plant-disease.ippc.orst.edu/disease.cfm?RecordID=1040>) Vóór het poten dompelen van planten in diverse fungiciden had geen bestrijdend effect op ZWR volgens een onderzoek uitgevoerd in de Verenigde Staten. Mogelijk dat de ziektedruk in het veld te hoog was om nog effecten van fungicidentoepassingen te kunnen waarnemen (Martin, 2005).

3.3 Biologische grondontsmetting

Biologische grondontsmetting is een methode om bodemgebonden ziekten te bestrijden. De combinatie van inbrengen van organisch materiaal (gewasresten) en het afdekken met plastic heeft een goede afdodende werking op schimmels als *Fusarium oxysporum f. sp. asparagi*, *Rhizoctonia solani* en *Verticillium dahliae* (Blok et al., 2000). Het principe berust op het ontstaan van zuurstofloze omstandigheden in de bodem doordat de ingebrachte gewasresten worden verteerd, waarbij zuurstof wordt verbruikt. Onder zuurstofloze omstandigheden kunnen vele micro-organismen niet overleven. Zowel pathogene als niet pathogene micro-organismen worden gedood. Na biologische grondontsmetting ontstaat er een nieuw evenwicht in de bodem, waarin als het goed gaat de pathogenen zijn verdwenen of worden onderdrukt.

3.3.1 *Cylindrocarpon*

Over het effect van biologische grondontsmetting op *Cylindrocarpon* is niets bekend in de wetenschappelijke literatuur. Verwacht mag worden dat biologische grondontsmetting gezien de aard van de schimmel wel een effect kan hebben op *Cylindrocarpon* (pm Lamers).

3.3.2 *Rhizoctonia*

Rhizoctonia solani heeft verschillende anastomose groepen (AG). Biologische grondontsmetting doodde de anastomose groep (AG) voorkomend op aardappel geheel, maar was minder effectief op andere AG groepen. De effectiviteit van biologische grondontsmetting tegen *Rhizoctonia solani* in aardbei is daarom ook onzeker (Meier & Lamers, 2004).

3.3.3 *Pythium*

Biologische grondontsmetting doodt *Pythium* niet volledig. Het zwakte pathogeen zou daardoor mogelijk in staat zijn na toepassing de grond snel te koloniseren. Tot nu toe zijn er nog geen problemen met *Pythium* waargenomen na BGO (Meier & Lamers, 2004).

3.4 Biofumigatie

Biofumigatie gaat uit van het inbrengen in de grond van gewasresten. Meestal worden hiervoor gewasresten van kruisbloemige gewassen, zoals koolsoorten, voor gebruikt. Bij het verteringsproces komen toxische stoffen vrij die ziekteverwekkers in de bodem kunnen doden. Bij biofumigatie wordt de grond niet afgedekt met plastic i.t.t. bij biologische grondontsmetting.

3.4.1 *Cylindrocarpon*

Over het effect van biofumigatie op *Cylindrocarpon* is in de wetenschappelijke literatuur niets bekend. Verwacht mag worden dat biofumigatie wel een effect kan hebben op *Cylindrocarpon* (pm Lamers).

3.4.2 *Rhizoctonia*

Rhizoctonia solani werd niet gedood als 34 tot 40 ton broccoli of raaigras per hectare in de grond werd gebracht, zonder deze af te dekken. Mogelijk dat relatief weinig materiaal of een laag gehalte aan glucosinolaten verantwoordelijk was voor de tegenvallende resultaten (Blok et al., 2000).

3.5 Microbiële activiteit en ziekte werende gronden

Behandeling van aardbeiwortels voor het planten met niet nader genoemde microbiële organismen leidde in geval van isolaat 3 tot een opbrengst verhoging van 30%. Echter herhaling van het experiment een jaar later leidde niet tot opbrengstverhoging. Dit werd toegeschreven aan andere weersomstandigheden in het tweede seizoen (Martin & Bull, 2002). Dit geeft al aan dat het beïnvloeden van de wortel – en bodem microflora lastig is. Bij ZWR hebben we bovendien te maken met verschillende potentiële pathogenen. Het zal daarom mogelijk lastig zijn één of enkele micro-organismen te vinden die het hele complex adequaat kunnen

aanpakken (Martin & Bull, 2002).

Er werd een negatieve correlatie gevonden tussen het totaal aantal micro-organismen in de bodem en de *Pythium* dichtheid. Als de microbiële activiteit van de grond toeneemt dan neemt de populatie dichtheid van *Pythium* af. Verder bleek de kolonisatie van aardbeiwortels door pathogenen lager te zijn indien een relatief grote micro-flora in de bodem aanwezig was. Dit geeft aan dat ziekteverendheid tegen ZWR gestimuleerd kan worden door stimulatie van de microflora in de bodem (Manici et al., 2005).

Onderzoek werd uitgevoerd aan het effect van antagonisten op ZWR van aardbeien in de kas in Italië. *Trichoderma viride*, *T. hamatum* en *T. harzianum* werden ingezet tegen *Rhizoctonia fragariae*, *Fusarium solani* en *Cylindrocarpon destructans*. *T. viride* gaf daarbij het beste resultaat, maar de ziektebestrijding was niet volledig. Bovendien waren de resultaten beter als de antagonist ingezet werd vóór inoculatie met het pathogeen. Een betere bestrijding door *T. viride* werd verkregen als de grond niet chemisch was ontsmet, hetgeen wijst op een zekere mate van ziekteverendheid (Ciccarese et al, 1985). Toepassing van antagonisten ter bestrijding van ZWR is op dit moment nog onvoldoende uitgezocht om voor de praktijk van nut te zijn.

3.6 Grondbehandelingen

Het effect van verwarming van de grond (Cultivit) of straling met een rijdende magnetron op bodemschimmels is niet bekend. Toevoeging van stoffen aan de grond kan van invloed zijn op het bodemleven. In hoeverre dit soort toepassing effect hebben op *Cylindrocarpon* en andere ZWR veroorzakende schimmels is niet bekend.

Solarisatie van de grond gedurende twee maanden verlaagde de mate van wortel infectie van aardbeien door *Pythium*, *Rhizoctonia* en *Cylindrocarpon*. Infectie van de wortels door *Fusarium* soorten werd niet door solarisatie beïnvloedt. In hoeverre pathogenen in de grond gedood worden hangt af van de temperaturen die bereikt worden in de grond en de tijd dat de ziekteverwekkers blootgesteld worden aan die temperatuur. Ook de mate van aantasting van de wortels nam sterk af bij uitplanten in gesolariseerde grond in vergelijking met uitplanten in niet gesolariseerde grond. Het effect van solarisatie op de wortelpathogenen hield gedurende twee of meer jaren aan. Dit heeft deel te maken met het doden van de pathogene schimmels, maar het effect wordt ook deels veroorzaakt doordat andere meer hitte tolerante en mogelijk niet pathogene micro-organismen de grond koloniseren (Pinkerton et al., 2002).

Uit het onderzoek komt naar voren dat verlaging van de besmettingsgraad in de grond een positief effect kan hebben op aantasting van de plant door schimmels van het ZWR-complex. *Fusarium* soorten werden niet gedood door solarisatie. Het is de vraag of het hier gaat om pathogene *Fusarium* soorten of om saprofytisch levende soorten.

Solarisatie is een methode die vooral gebruikt wordt in grondgebonden teelten in (sub) tropische klimaten. Onder Nederlandse omstandigheden lijkt deze bestrijdingswijze geen bruikbare toepassing. Het geeft echter wel het belang van de grond als inoculumbron aan.

3.7 Nutriënten

Elmer & LaMondia (1999) vonden een verband tussen bemesting en ZWR veroorzaakt door een combinatie van *R. fragariae* en *P. penetrans* (paragraaf 3.1). Onduidelijk wat hiervan het werkingsmechanisme was. Aardbeien zijn gevoelig voor zoutschade. In de wetenschappelijke literatuur zijn geen artikelen gepubliceerd die een verband leggen tussen zoutschade en ZWR.

In Ginseng geteeld op substraat bleek aantasting door *Cylindrocarpon destructans* sterk bevorderd te worden door aanwezigheid van ijzer (56 µm/ml) in het water. Verwonding van de wortels leidde tot een significante toename van de aantasting. Ijzer lijkt de myceliumgroei te stimuleren (Rahman & Punja, 2006). Onduidelijk is wat het effect van ijzer is op *Cylindrocarpon* en ZWR in aardbeien.

3.8 Teeltmaatregelen

In z'n algemeenheid kan gesteld worden dat planten die bloot staan aan stress omstandigheden makkelijker geïnfecteerd worden door pathogenen die ZWR veroorzaken. Met name rond het tijdstip van planten is een kwetsbare periode. Het op de goede diepte planten en droogte stress dienen te worden voorkomen. Waterverzadigde grond (en substraten) bevorderen de ontwikkeling van *Cylindrocarpon* ook. Vaak wordt ZWR dan ook geassocieerd met een slechte bodemgesteldheid. Maatregelen gericht op een goede water toevoer, maar ook afvoer (ontwatering perceel) gepaard aan drainage van de grond zorgen er voor dat de omstandigheden voor ziekteontwikkeling verminderd worden. Toevoeging van organische stof aan de grond kan de beluchting verbeteren. Het spreekt voor zich dat de watergift afgesteld wordt op de behoefte van het gewas.

In de pottenteelt van bomen (uitgangsmateriaal) komt aantasting door *Cylindrocarpon* veelvuldig voor. Naast *Cylindrocarpon* worden in deze teelt ook vaak aantastingen gevonden veroorzaakt door *Pythium* en *Fusarium*. Teeltmaatregelen die er op gericht zijn waterverzadigde grond te voorkomen worden door de USDA aanbevolen. Daarnaast wordt aanbevolen materialen voor hergebruik te ontsmetten om potentiële ziektebronnen uit te schakelen. Het verwijderen van zieke planten, een goede bestrijding van alternatieve waarplanten in en om het bedrijf, grondvrij maken van machines zijn maatregelen die er op gericht zijn inoculumopbouw en verspreiding tegen te gaan (Dumroese & James, 2005). Bij deze teelten gaat het om dezelfde schimmels als in de teelt van aardbeien. Verwacht mag worden dat dezelfde soort maatregelen als toegepast in de boomteelt ook een werking kunnen hebben in de teelt van aardbeien.

4 Conclusies en aanbevelingen

- Het is onduidelijk of uitval van planten in het voorjaar van 2006 primair een gevolg was van infectie door *Cylindrocarpon*. Mogelijk dat ongunstige omstandigheden tijdens het voorjaar de groei van de aardbeiplanten belemmerde waarna de schimmel secundair de kans heeft gekregen de planten aan te tasten. Verstoring van de waterbalans en een slechte bodemgesteldheid bevorderen de kans op aantasting.
- Zwart wortelrot wordt veroorzaakt door meerdere pathogenen, waaronder *Rhizoctonia* soorten, *Pythium* soorten en *Cylindrocarpon* soorten. *Rhizoctonia* lijkt van de genoemde ziekteverwekkers het meest agressief.
- *Cylindrocarpon* is een van de pathogenen die zwart wortelrot kan veroorzaken, maar wordt over het algemeen niet gezien als de belangrijkste veroorzaker van zwart wortelrot. Uitbreiding van de studie naar andere zwart wortelrot veroorzakende pathogenen zou wenselijk zijn.
- Ook in andere teelten komt aantasting door *Cylindrocarpon* voor. De waardplantenreeks is vrij omvangrijk en omvat onder andere *Rubus* spp, druif, ginseng, diverse boomsoorten en coniferen.
- *Cylindrocarpon* kan gedurende langere tijd in de grond overleven. In de literatuur staat geen tijdsduur beschreven, maar gemeld wordt dat een gewasloze periode tussen twee teelten door middel van dikwandige sporen in de grond door *Cylindrocarpon* overleefd kan worden.
- Biotoetsen, uitplaattechnieken en PCR analyse zijn methoden om de populatiedichtheid van de schimmel in de bodem vast te stellen en mogelijk risico-percelen vaststellen.
- *Cylindrocarpon* verspreidt zich via sporen door spatverspreiding, irrigatie of door verplaatsing van grond.
- *Cylindrocarpon* en overige veroorzakers van zwart wortelrot hebben over het algemeen verwonding van het wortelgestel nodig om de plant binnen te kunnen dringen. In de teelt van aardbeien worden wortels beschadigd bij het rooien van het uitgangsmateriaal en ook bij het planten. Onduidelijk is in hoeverre deze handelingen een rol spelen bij het optreden van de ziekte. Wellicht liggen hier wel mogelijkheden om het ziektecomplex preventief aan te pakken.
- Ook nematoden zoals het wortellesieaaltje veroorzaken verwondingen. Het is bekend dat zwart wortelrot gestimuleerd wordt in de aanwezigheid van *P. penetrans*. De aanwezigheid van het wortellesieaaltje is echter geen voorwaarde voor het optreden van zwart wortelrot.
- Pathogenen die betrokken zijn bij de zwart wortelrot- aantasting kunnen per locatie en in de tijd van elkaar verschillen. Maatregelen die gericht zijn tegen een enkel pathogeen uit het complex hoeven daarom niet te leiden tot vermindering van de problemen.
- In meerjarige teelten komt *Cylindrocarpon* vaker voor dan in eenjarige teelten. Het lijkt erop dat in teelten die gedurende de winter buiten staan de kans op aantasting door *Cylindrocarpon* groter is.
- De grond vormt een inoculumbron voor het ontstaan van zwart wortelrot. Daarnaast lijkt het erop dat naarmate vaker aardbeien op een perceel hebben gestaan het probleem verergert. Dit duidt erop dat de *Cylindrocarpon* populatie in de loop der tijd kan opbouwen tot schadelijke aantallen. Ondanks de brede waardplantenreeks zou vruchtwisseling kunnen helpen de ergste problemen te voorkomen.
- Onduidelijk is in hoeverre zwart wortelrot veroorzakende pathogenen algemeen in de grond voorkomen in de Nederlandse aardbeiteelt gebieden. Echter de algemene aard van de betrokken schimmels doet vermoeden dat deze zeer wijd verbreid zijn. Dat wil overigens niet zeggen dat de schimmels ook in schadelijke dichtheden voorkomen.
- Waterverzadigde grond (en substraten) bevorderen de ontwikkeling van *Cylindrocarpon* ook. Vaak wordt ZWR dan ook geassocieerd met een slechte bodemgesteldheid. Maatregelen gericht op een goede watertoevoer, gepaard aan drainage van de grond zorgen er voor dat de omstandigheden voor ziekteontwikkeling verminderd worden.
- Chemische grondontsmetting kan werken tegen een aantal pathogenen die zwart wortelrot veroorzaken. De effectiviteit van Metan-Natrium op ZWR lijkt wisselend te zijn. Chemische grondontsmetting is echter beperkt inzetbaar in Nederland.
- Over het effect van biologische grondontsmetting en biofumigatie op *Cylindrocarpon* is niets

bekend.

- Stimulering van de bodemmicroflora lijkt de ziekteverendheid te kunnen verhogen en daardoor het optreden van zwart wortelrot te kunnen verminderen.
- Er zijn aanwijzingen dat de voedingtoestand van de grond of het substraat de aantasting door *Cylindrocarpon* en andere pathogenen kan beïnvloeden.
- Rassen verschillen in tolerantie voor zwart wortelrot. De waarde hiervan zal voor Nederland in de huidige situatie van beperkt belang zijn.
- Over het algemeen kan gesteld worden dat ziekteverwekkers die zwart wortelrot veroorzaken behoren tot de groep zwakte pathogenen, die in een goed groeiend gewas weinig schade doen. Echter worden de omstandigheden ongunstig dan kunnen verschillende vertegenwoordigers uit deze groep, in wisselende samenstelling schade veroorzaken. Factoren die de wortelgroei belemmeren lijken infectie door zwart wortelrot veroorzakende pathogenen te stimuleren.
- Kwantitatieve gegevens over de rol van incolumdichtheid in de grond, de bodemgesteldheid, de watergift en de teeltwijze (normaalteelt, teelt op substraat, verlate teelt, doorteelt, etc) op het ontstaan van zwart wortelrot ontbreken en zouden uitgezocht moeten worden. Het ontbreken van deze gegevens maakt het lastig om een voorspelling te doen over wanneer en in welke mate zwart wortelrot in de teelt van aardbeien opnieuw kan optreden.
- Beheersing van zwart wortelrot zal zich in eerste instantie moeten richten op een goede gesteldheid van de bodem (voorkom verdichting) en een adequate watergift (voorkom een teveel aan bodemvocht). Maatregelen die de microbiële bodemactiviteit bevorderen lijken aantasting te kunnen verminderen. In hoeverre grondbehandelingen een effect hebben op *Cylindrocarpon* zal nog uitgezocht moeten worden.

5 *Cylindrocarpon* in de teelt van aardbeien, een overzicht

Door Bert Evenhuis, Praktijkonderzoek Plant en Omgeving, Lelystad

Inleiding

In 2006 vielen sommige teelten van aardbeien planten weg, zonder direct aanwijsbare oorzaak. Problemen werden vooral gemeld in normaalteelten en tunnelteelten. Bij de gekoelde teelten werd sporadisch aantasting waargenomen. Telers hebben plantmateriaal van uitgevallen planten laten analyseren op de aanwezigheid van pathogenen. *Cylindrocarpon* kon aangetoond worden in de afgestorven planten van alle bedrijven.

In opdracht van het Productschap Tuinbouw is literatuuronderzoek verricht naar het optreden van *Cylindrocarpon* in de teelt van aardbeien.

Ziekteverwekker

Zwart wortelrot (ZWR) of "Black Root Rot" kan veroorzaakt worden door meerdere pathogenen, waaronder *Rhizoctonia* soorten, *Pythium* soorten en *Cylindrocarpon* soorten. *Cylindrocarpon* is een van de pathogenen die ZWR kan veroorzaken, maar wordt over het algemeen niet gezien als de belangrijkste veroorzaker van ZWR. Veelal wordt *Rhizoctonia* hiervoor verantwoordelijk gehouden, al of niet in aanwezigheid van het wortellesieaaltje.

De bodem lijkt de belangrijkste inoculumbron voor *Cylindrocarpon*. In de grond kan de schimmel door dikwandige structuren de periode tussen twee teelten overleven. In meerjarige teelten komt *Cylindrocarpon* vaker voor dan in eenjarige teelten. Biotoetsen, uitplaattechnieken en PCR analyse zijn methoden om de populatiedichtheid van de schimmel in de bodem vast te stellen. Onduidelijk is in hoeverre *Cylindrocarpon* en andere ZWR veroorzakende pathogenen algemeen in de grond voorkomen in de Nederlandse aardbeiteelt gebieden. Echter de algemene aard van de betrokken schimmels doet vermoeden dat deze zeer wijd verbreid zijn. Dat wil overigens niet zeggen dat de schimmels ook in schadelijke dichtheden voorkomen. Pathogenen die betrokken zijn bij de ZWR- aantasting kunnen per locatie en in de tijd van elkaar verschillen. Maatregelen die gericht zijn tegen een enkel pathogeen uit het complex hoeven daarom niet te leiden tot vermindering van de problemen

Verspreiding van de schimmel vindt plaats via gronddeeltjes, irrigatiewater en spatverspreiding. Daarnaast heeft de schimmel een brede waardplantenreeks.

Over het algemeen heeft de schimmel een verwonding nodig om het wortelstelsel te kunnen aantasten. Aanwezigheid van pathogene aaltjes, zoals het wortellesieaaltje, kan de mate van aantasting sterk vergroten. Aanwezigheid van aaltjes is echter geen voorwaarde voor aantasting. In hoeverre verwonding aan het wortelgestel die ontstaan tijdens het rooien en planten een rol spelen is onduidelijk.

Waterverzadigde grond (en substraten) bevorderen de ontwikkeling van *Cylindrocarpon* ook. Vaak wordt ZWR dan ook geassocieerd met een slechte bodemgesteldheid.

Beheersmaatregelen

Maatregelen gericht op een goede water toevoer, gepaard aan drainage van de grond zorgen er voor dat de kans op aantasting van het wortelgestel door ZWR veroorzakende pathogenen verkleint wordt.

De grond vormt een inoculumbron voor het ontstaan van ZWR. Daarnaast lijkt het erop dat naarmate vaker aardbeien op een perceel hebben gestaan het probleem verergert. Dit duidt er op dat de *Cylindrocarpon* populatie in de loop der tijd kan opbouwen tot schadelijke aantallen. Ondanks de brede waardplantenreeks zou vruchtwisseling kunnen helpen de ergste problemen te voorkomen.

In het buitenland vormt chemische grondontsmetting vaak de basis voor de beheersing van ZWR. In Nederland is chemische grondontsmetting echter beperkt toegelaten. De effectiviteit van Metan-Natrium op ZWR lijkt wisselend te zijn. Over het effect van biologische grondontsmetting en biofumigatie op *Cylindrocarpon* is niets bekend. In hoeverre grondbehandelingen van invloed zijn op ziekteverwekkers van het zwart wortelrot complex is niet bekend.

Stimulering van de bodemmicroflora lijkt de ziektevererendheid te kunnen verhogen en daardoor het optreden

van ZWR te kunnen verminderen.

Er zijn aanwijzingen dat de voedingtoestand van de grond of het substraat de aantasting door *Cylindrocarpon* en andere pathogenen kan beïnvloeden.

Tot slot

Het is onduidelijk of uitval van planten in het voorjaar van 2006 primair een gevolg was van infectie door *Cylindrocarpon*. Mogelijk dat ongunstige omstandigheden tijdens het voorjaar de groei van de aardbeiplanten belemmerde waarna de schimmel secundair de kans heeft gekregen de planten aan te tasten. De bodemgesteldheid en de watergeefstrategie zijn hierop van invloed.

Over het algemeen kan gesteld worden dat ziekteverwekkers die zwart wortelrot veroorzaken behoren tot de groep zwakte pathogenen, die in een goed groeiend gewas weinig schade doen. Echter worden de omstandigheden ongunstig dan kunnen verschillende vertegenwoordigers uit deze groep, in wisselende samenstelling schade veroorzaken. Overwintering van de planten buiten lijkt de kans op schade te vergroten. Factoren die de wortelgroei belemmeren stimuleren infectie door ZWR veroorzakende pathogenen.

Kwantitatieve gegevens over de rol van inoculumdichtheid in de grond, de bodemgesteldheid, de watergift en de teeltwijze (normaalteelt, teelt op substraat, verlate teelt, doorteelt, etc) op het ontstaan van zwart wortelrot ontbreken en zouden uitgezocht moeten worden. Het ontbreken van deze gegevens maakt het lastig om een voorspelling te doen over wanneer en in welke mate ZWR in de teelt van aardbeien opnieuw kan optreden.

Beheersing van ZWR zal zich in eerste instantie moeten richten op een goede gesteldheid van de bodem (voorkom verdichting) en een adequate watergift (voorkom een teveel aan bodemvocht). Maatregelen die de microbiële bodemactiviteit bevorderen lijken aantasting te kunnen verminderen. In hoeverre grondbehandelingen een effect hebben op *Cylindrocarpon* zal nog uitgezocht moeten worden.

6 Literatuur

- Anonymus, 1970. *Nectria radicola*. [Distribution map]. UK-CAB-International. Distribution Maps of Plant Diseases. 1970; (January (Edition 1)): Map 461.
- Blok, W. J., J. G. Lamers, A.J. Termorshuizen & G.J. Bollen, 2000. Control of soilborne plant pathogens by incorporating fresh organic amendments followed by tarping. *Phytopathology* vol. 90 (3): 253-259.
- Booth, C., 1967. *Nectria radicola*. [Descriptions of Fungi and Bacteria]. IMI Descriptions of Fungi and Bacteria 1967; (15): Sheet 148.
- Ciccarese, F & M. Cirulli, 1983. Observations on strawberry decline in Southern Italy. *Informatore-Fitopatologico*. 1983; 33(9): 59-62 [Abstract]
- Ciccarese, F., S. Frisullo, M. Cirulli, 1985. The use of *Trichoderma* spp. in the biological control of strawberry root rot. *Difesa-delle-Piante*. 1985; 8(2): 147-155 [Abstract]
- Dumroese, R.K. & R. James, 2005. Root diseases in bare root and container nurseries of the Pacific Northwest: epidemiology, management, and effects of outplanting performance. *New Forests* 30: 185-202.
- Duniway, J.M., C.L. Xiao & W.D. Gubler, 1998. Response of strawberry to soil fumigation: microbial mechanisms and some alternatives to methyl bromide. <http://epa.gov/spdpublic/mbr/airc/1998/006duniway.pdf> 2p.
- Elmer, W.H. & J.A. LaMondia, 1999. Influence of ammonium sulfate and rotation crops on strawberry black root rot. *Plant Disease* 83: 119-123.
- Hutton, D & A. Gomez, 2005. Strawberry R&D update 2005. Disease management. <http://www2.dpi.qld.gov.au/horticulture/17940.html>
- Kernaghan, G., R.D. Reeleder & S.M.T. Hoke, 2006. Quantification of *Cylindrocarpon destructans* f. sp. *Panacis* in soils by real-time PCR. *Plant Pathology* Doi: 10.1111/j.1365-3059.2006.01559.x.
- Kukkonen, S., M. Vestberg, T. Tuovinen & O. Jarvinen, 2004. Influence of soil and planting material on the development of strawberry root rot. *Acta-Horticulturae* 635: 19-24.
- LaMondia, J. A. and S. B. Martin, 1989. The influence of *Pratylenchus penetrans* and temperature on black root rot of strawberry by binucleate *Rhizoctonia* spp. *Plant Disease* 73 (2): 107-110.
- Lockhart, C.L., 1968. Effect of plant temperatures on development of mold on cold-stored Strawberry plants. *Canadian Plant Disease Surv.*: 48(4): 128-129.
- Maas, J.L., 1998. Compendium of strawberry diseases. Second edition. APS Press. St Paul, Minnesota, USA: 98 p.
- Manici, L.M., F. Caputo & G. Baruzi, 2005. Additional experiences to elucidate the microbial component of soil suppressiveness towards strawberry black root complex. *Annals of Applied Biology* 146: 421-431.
- Martin, F.N., 2003. Development of alternative strategies for management of soilborne pathogens currently controlled with methyl bromide. *Annual Review. Phytopathol.* 41: 325-350.
- Martin, F.N., 2005. Efforts to manage black root rot by cultivar selection and fungicide application. *California Strawberry Commission Annual Production Research Report 2004-2005*: 100-113.
- Martin, F.N. & C.T. Bull, 2002. Biological approaches for control of root pathogens of strawberry. *Phytopathology* 92: 1356-1362.
- Meurrens, F., 1995. Aardbei; grondontsmetting verhoogt rendement. *Proeftuin nieuws* 5(9): 43-46.
- Morocko, I., J. Fatehi & B. Gerhardson, 2006. *Gnomonia fragariae*, a cause of strawberry root rot and petiole blight. *European Journal of Plant Pathology* 114: 235-244.
- Meijer, B.M. & J. Lamers, 2004. Biologische grondontsmetting. Bestrijding van bodemgebonden ziektes voor een gezonde bodem. PPO-report 415: 24 p.
- Nemec, S., 1970. Fungi associated with strawberry root rot in Illinois. *Mycopathologica et Mycologia applicata* 41: 331-346.
- Nemec, S., 1975. Mycoflora succession on strawberry roots developing root rot symptoms. *Mycopathologica* 56(2): 67-72.
- Parikka, P., 1981. Strawberry root rot in Finland. *Annales-Agriculturae-Fenniae* 20(2): 192-197.
- Parikka, P. & S. Kukkonen, 2002. Root damage – a common problem in strawberry production in Finland.

- Proceedings of the Fourth International Strawberry Symposium, Tampere, Finland, July 9-14, 2000, volume 2, T. Hietaranta, M.M. Linna, P. Palonen, P. Parikka (eds). Acta-Horticulturae. 567 (Vol.2): 643-646.
- Petit, E. & W.D. Gubler, 2005. Characterization of *Cylindrocarpon* species, the cause of black foot disease of grapevine in California. Plant Disease 89: 1051-1059.
- Pinkerton, J.N. K.L. Ivors, P.W. Reeser, P.R. Bristow & G.E. Windom, 2002. The use of soil solarization for the management of soilborne plant pathogens in strawberry and red raspberry production. Plant Disease 86: 645-651.
- Rahman, M. & Z.K. Punja, 2006. Influence of iron on *Cylindrocarpon* root rot development on ginseng. Phytopathology 96: 1179-1187.
- Schneider, J.H.M., Y. Bakker & C.E. Westerdijk, 2005. Bodemweerstand tegen *Rhizotonia solani* AG 2-2IIIIB is onafhankelijk van rotatie. Gewasbescherming 36 (5): 198-199.
- Shaw, D.V. & K.D. Larson, 1999. A meta-analysis of strawberry yield response to preplant soil fumigation with combinations of methyl bromide-chloropicrin and four alternative systems. HortScience 34(5): 839-845.
- Szczygie, A., 1983. On the tolerance limit of strawberry plants to root lesion nematode *Pratylenchus penetrans* (Cobb). Fruit-Science-Reports 10(3): 135-142.
- Szczygie, A. & H. Profic-Alwasiak, 1986. Interaction of *Pratylenchus penetrans* and *Cylindrocarpon destructans* on strawberries. Zeszyty-Problemove-Postepow-Nauk-Rolniczych 323: 109-114 (Abstract).
- Yilimäki, 1970. Root rot of strawberry. Ann-Agric-Fenn.: 9: 287-289.
- Yuen, G.Y., M.N. Schroth, A.R. Weinhold & J.G. Hancock, 1991. Effects of soil fumigation with methyl bromide and chloropicrin on root health and yield of strawberry. Plant Disease 75(4): 416-420.
- Wing, K.B., M.P. Pritts & W.F. Wilcox, 1995. Biotic, edaphic, and cultural factors associated with strawberry black root rot in New York. HortScience. 30(1): 86-90.
- Zinkernagel, V. , 1970. Bodenburtige Krankheiten in Erdbeerkulturen Nord-deutschlands und ihre Ursachen. II. Wurzel- und Rhizomfaulen der Erdbeere. Zeitschrift PflKrankh. PflSchutz. 77(2-3): 65-75.

Bijlage 1. Verklarende woordenlijst

Begrip	Verklaring
Anastomose groep:	Is een groep van schimmel isolaten waarvan de schimmeldraden met elkaar kunnen versmelten. De verschillende anastomose groepen verschillen onder andere in waardplantenreeks (Schneider et al. 2005).
Conidiën:	Zijn de sporen van schimmels, waarmee deze zich kunnen verspreiden.
Inoculumbron:	Is de bron waaruit een aantasting ontstaat. Dit kunnen bijvoorbeeld sporen in de grond zijn of aangetaste gewasresten, etc.
Kolonie vormende eenheden:	KVE is een maat voor de dichtheid aan vitale sporen van een bepaalde schimmel in de grond. Meestal wordt grond op een selectief voedingsmedium uitgeplaat en wordt het aantal groeiende schimmels van een bepaalde soort geteld.
Lethaal:	Van lethaal wordt gesproken als de aantasting dodelijk is voor de plant.
Pathogeen:	Micro-organisme dat ziektes kan veroorzaken (ziekteverwekker).
qPCR:	PCR staat voor Polymerase Ketting Reactie (Polymerase Chain Reaction). Deze techniek wordt onder andere gebruikt om kleine hoeveelheden van een specifiek stuk DNA, bijvoorbeeld van een schimmel zoals <i>Cylindrocarpon</i> een groot aantal keren te vermeerderen. Op deze manier kan de schimmel aangetoond worden in grond of in plantmateriaal. Q staat voor quantitative wat aangeeft dat niet alleen de aanwezigheid wordt bepaald, maar ook nog de populatiedichtheid.
Rhizosfeer:	De omgeving van de wortel.
Saprofyt:	Micro-organisme dat geen ziekte veroorzaakt.
Septen:	Tussen wanden in de sporen, waardoor deze uit verschillende cellen bestaan. Dit kenmerk wordt o.a. gebruikt bij naamgeving van de schimmel en detectie.
Spp:	Soorten; meerdere soorten uit één geslacht. Bijvoorbeeld <i>Cylindrocarpon destructans</i> , <i>C. didymum</i> , <i>C. obtusisporum</i> , etc.
Sub-lethale	Van een sub-lethale schimmel wordt gesproken als de infectie normaal gesproken niet leidt tot het afsterven van de plant.
Waardplant:	Plantensoort die door een bepaalde ziekteverwekker aangetast kan worden.
Waardplantenreeks:	De verzameling plantensoorten die door één bepaalde ziekteverwekker aangetast kunnen worden.
Waardplant specifiek:	De ziekteverwekker kan slechts één plantsoort aantasten. Het organisme heeft geen alternatieve waardplanten.
ZWR:	Zwart wortelrot; ziektecomplex veroorzaakt door diverse pathogenen.