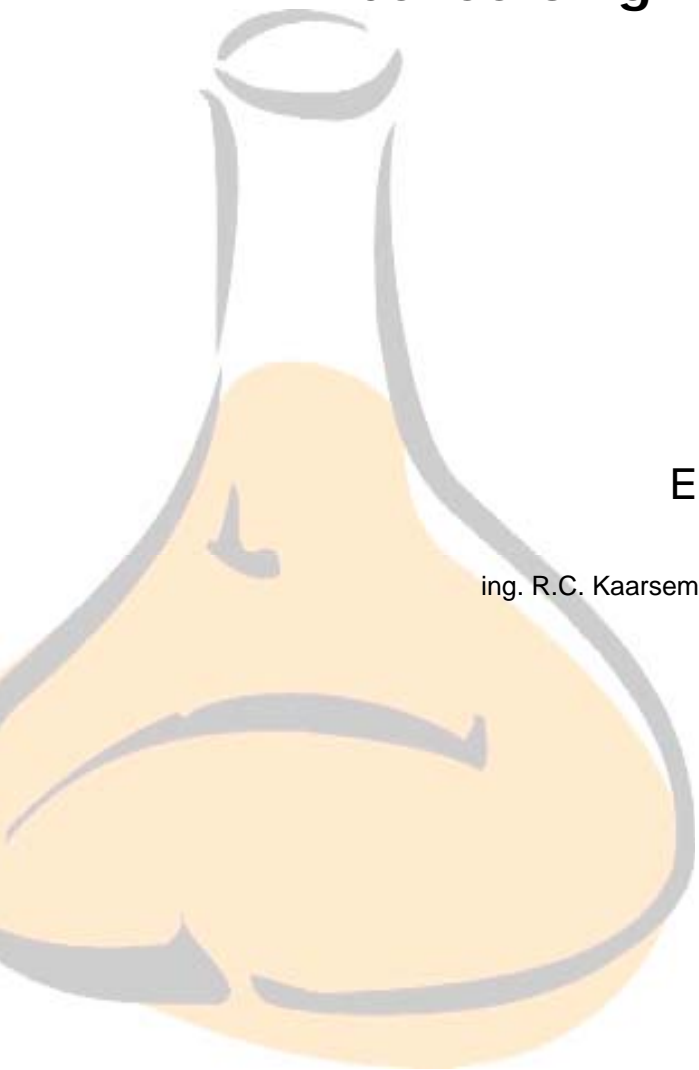


Plantgezondheid in paprika; beheersing *Phytophthora capsici*

Eindrapport

ing. R.C. Kaarsemaker (Ruud) Groen Agro Control



Uw sector investeert in dit project via het



PT projectnummer 14655

COLOFON

Auteur:

ing. R.C. Kaarsemaker (Ruud) Groen Agro Control

Groen Agro Control
Distributieweg 1
2645 EG Delfgauw
Telefoon: 015-2572511
Telefax: 015-2571295
E-mail: info@agrocontrol.nl

Projectnummer:

14655

Datum:

30 mei 2013

Titel Rapport:

Plantgezondheid in paprika; beheersing *Phytophthora capsici*

Subsidieverstrekker:

Productschap Tuinbouw

Contactpersoon subsidieverstrekker:

Jan Vink

Trefwoorden:

paprika, plantgezondheid, voetziekte, uitval, *Phytophthora capsici*, beheersing, preventie, maatregelen

Dit project is gefinancierd door het Productschap Tuinbouw (PT).

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt worden door middel van druk, fotokopie, microfilm, elektronisch of op geluidsband of op welke andere wijze ook en evenmin in een retrieval systeem worden opgeslagen zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de opdrachtgever.

Inhoudsopgave

Samenvatting	3
Inleiding	4
1. Opzet onderzoek	5
2. Algemene informatie over <i>Phytophthora capsici</i>	6
2.1 Symptomen.....	6
2.1.1 Symptoomontwikkeling	6
2.2 Kenmerken en levenscyclus	7
2.2.1 Mycelium (schimmeldraden)	8
2.2.2 Oosporen	8
2.2.3 Zoosporen	8
2.3 Genetica	9
3. Besmetting, verspreiding en aantasting	10
3.1 Besmetting.....	10
3.2 Detectie en diagnose	11
4. Bestrijdingsmogelijkheden	12
4.1 Resistentie van gewas.....	12
4.2 Onderzoek naar bestrijding.....	12
4.2.1 UV-ontsmetting	12
4.2.2 Verhitting.....	12
4.2.3 Diverse middelen	13
4.2.4 Chemische gewasbeschermingsmiddelen.....	14
5. Ervaringen van telers	15
5.1 Ontwikkeling van <i>Phytophthora capsici</i> in het gewas.....	15
5.2 Geschikte maatregelen voor de praktijk.....	16
6. Maatregelen ter voorkoming van infectie en uitbreiding van <i>Phytophthora capsici</i>	17
Bronnen.....	20

Samenvatting

Naar aanleiding van ernstige uitval door *Phytophthora capsici* op paprikabedrijven is een onderzoek uitgevoerd naar deze oömyceet.

Het onderzoek bestond uit verzamelen van telerservaringen, beeldmateriaal en informatie uit de literatuur. Met die informatie is een protocol opgesteld ter beheersing van de uitval door *Phytophthora*.

P. capsici kan zich erg snel vermeerderen en verspreiden. Het meest besmettelijk zijn de zoösporen, die zich onder de omstandigheden in de glastuinbouw makkelijk kunnen vermeerderen en verspreiden. Met name door wateroverlast en koude gaat dat nog sneller. *P. capsici* is moeilijk te bestrijden, zieke planten kunnen niet meer herstellen. De aanpak voor de beheersing van *P. capsici* bestaat uit vooral preventieve maatregelen.

De preventieve maatregelen zijn afhankelijk van het type sporen dat aanwezig is: oosporen of zoosporen.

Oosporen zijn overlevingssporen die eerst moeten kiemen en pas daarna besmettelijk worden. Om te kunnen kiemen zijn specifieke vochtige omstandigheden nodig, zoals die bijvoorbeeld voor kunnen komen bij wateroverlast in de kas. Als er eenmaal oosporen gekiemd zijn raken planten besmet waarop vervolgens weer nieuwe zoosporen worden geproduceerd. Zoosporen leven kort en zijn vooral de eerst dag/dagen na vorming zeer besmettelijk doordat ze actief naar plantenwortels bewegen.

Het voorkomen van verspreiding van de zoosporen door ontsmetten of toevoegen van een lage dosering hypochloriet aan het gietwater is zeer effectief. Door de lange incubatietijd van *Phytophthora capsici* in oudere planten kan de oömyceet in relatief korte tijd een hoge infectiedruk opbouwen en veel planten infecteren. Als er pas maatregelen genomen worden bij uitval van de eerste planten kan een groot deel van de planten wegvallen. Geïnfecteerde planten zijn niet meer te redden. Inzet van chemische middelen kunnen alleen sporen afdoden en voorkomen dat gezonde planten geïnfecteerd worden. Het effect van deze middelen wordt daarom pas laat zichtbaar. Planten die al geïnfecteerd zijn blijven ook na de behandeling wegvallen.

Telers lopen een groot risico op een snelle uitbreiding van *Phytophthora capsici* na een incidentele besmetting als ze niet ontsmetten en/of geen natriumhypochloriet doseren.

Indien het drainwater vanaf het begin van de teelt ontsmet wordt met UV of verhitten en/of er met natriumhypochloriet wordt gedruppeld kan *P. capsici* veel minder planten infecteren en zal het percentage uitval beperkt blijven. In het protocol staan alle maatregelen die uitval door *Phytophthora capsici* helpen te voorkomen.

Inleiding

Er zijn de laatste jaren bij diverse paprikabedrijven problemen geweest met het wegvallen van planten door *Phytophthora capsici*. In sommige gevallen moest vroegtijdig zelfs het hele gewas geruimd worden. Dit waren de gevolgen van de zeer schadelijke waterschimmel *Phytophthora capsici*. De ziekte kwam tot nu toe vooral in het buitenland in vollegronds buitenteelten voor. Voor zover bekend komt deze oomyceet in de Nederlandse glastuinbouw alleen in paprika en peper voor. Tot nu toe is de ziekte vrij zeldzaam in paprika waardoor de symptomen en gevaren onvoldoende herkend en erkend worden. Er zijn nog veel open vragen over deze ziekte in de Nederlandse glastuinbouw. Groen Agro Control heeft de laatste jaren diverse Nederlandse glastuinbouwbedrijven begeleid in de aanpak tegen deze ziekte. Voor dit onderzoek is alle informatie uit praktijk en literatuur verzameld. Met de verzamelde kennis is een protocol opgesteld ter beheersing van *Phytophthora capsici*.

1. Opzet onderzoek

Naar aanleiding van ernstige uitval door *Phytophthora capsici* op paprikabedrijven is een onderzoek gestart naar deze oomyceet.

Het onderzoek bestond uit verzamelen van telerservaringen, beeldmateriaal en informatie uit de literatuur. Met die informatie is een protocol opgesteld ter beheersing van de uitval door *Phytophthora*.

Daartoe zijn de volgende onderdelen uitgevoerd en is er kennis verzameld:

- Symptoombeschrijving en beeldmateriaal verzamelen.
 - Herkennen van eerste en latere symptomen voor de teler
 - Analyse mogelijkheden voor diagnose en monitoring
 - Zijn er andere mogelijkheden om de ziekte vroegtijdig te signaleren. Op het oog is verwarring met Fusarium voet- en stengelrot mogelijk. Voor deze ziekte is een totaal andere bestrijding noodzakelijk, dus een foute inschatting kan funest zijn.
- Inventarisatie van ervaringen van telers die met *P. capsici* te maken hebben gehad. Van de eerste infectie en symptomen van de ziekte tot en met de aanpak in en aan het einde van de teelt worden vergeleken. Daarmee kunnen effectieve en minder effectieve maatregelen in kaart gebracht worden.
- Literatuurstudie *P. capsici*: levenswijze van de ziekte, incubatietijd, verspreiding van de ziekte e.d..
- Risico's voor de glasgroentensector. *P. capsici* heeft veel waardplanten in buitenteelten en kasteelten die een potentiële infectiebron of waardplant kunnen zijn. Er wordt beschreven in welke mate *P. capsici* in Nederland voor andere gewassen een risico vormt.
- Analyse van de wijze van verspreiding van de ziekte over het bedrijf. Welke onderdelen zijn meest besmettelijk? Invloed van bijkomende andere wortelziekten op de ernst van de symptomen van *P. capsici*.
- Opstellen van protocol ter voorkoming en voor de aanpak van een besmetting van *Phytophthora capsici* in een bestaande teelt, tijdens de teeltwisseling en een nieuwe teelt nadat *P. capsici* in het seizoen daarvoor voor kwam. Het totaal aan maatregelen is uitgewerkt.

2. Algemene informatie over *Phytophthora capsici*

In 1977 is *Phytophthora capsici* al aangegetroffen in Nederland, er waren twee bedrijven met uitval. Een van die twee bedrijven is drie maanden eerder gestopt dan normaal. Het andere bedrijf had vier maanden na eerste symptomen 30% uitval. Daarna is het lange tijd niet voorgekomen en sinds enkele jaren heeft *P. capsici* op enkele bedrijven tot - soms ernstige - uitval geleid.

P. capsici komt wereldwijd voor en is aangetroffen in de VS, Mexico, Italië, Turkije en Korea. In grondteelten veroorzaakt de oömyceet een groot probleem in o.a. tomaat, komkommer, aubergine, meloen en courgette. *P. capsici* komt ook voor in substraatteelten. Andere minder bekende waardplanten zijn erwten, citrus, brassica en sommige (on)kruiden zoals Europese nachtschade, Amerikaanse nachtschade, *Geranium carolinianum* en *Portulaca oleracea* zijn waardplanten.

2.1 Symptomen

Er zijn veel genetische verschillen tussen de stammen, het blijkt dat *P. capsici* in staat is tot snelle genetische aanpassing. In beschermde teelt komt alleen ondergrondse aantasting voor. Het meeste onderzoek is uitgevoerd ten behoeve van grondteelten.

2.1.1 Symptoomontwikkeling

De aantasting begint vaak in laaggelegen natte delen van een perceel en breidt zich daarna verder uit. De wortels worden als eerste aangetast, soms lijkt een deel van de wortels nog gezond. De bruinverkleuring breidt zich uit tot de basis van de plant. Het merg van de plant kan dan bruin of zwart verkleuren. Ook de voet van de plant verkleurt bruin, zie figuur 1. De planten kunnen plotseling slap gaan en vertonen geen herstel, ook niet bij donker weer. Er kunnen dan lesies zichtbaar zijn aan de onderzijde van de stengel, maar vaak gaat een plant al eerder slap. Uiteindelijk gaan alle aangetaste planten dood. Heel jonge planten gaan binnen een week na infectie slap, bij oudere planten kan het 4 tot 6 weken duren.



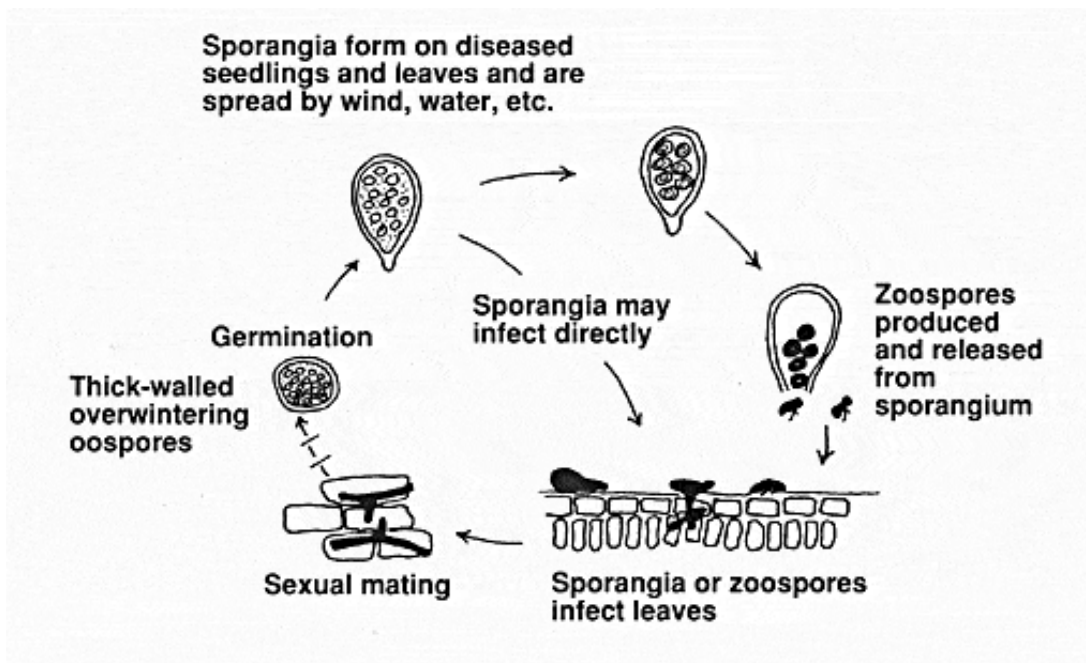
Figuur 1 Symptomen bij de voet van de plant.



Figuur 2 Symptomen in de doorgesneden plantvoet.

2.2 Kenmerken en levenscyclus

P. capsici is in staat om meerdere keren per seizoen te infecteren, want de schimmel maakt enkele cycli per jaar door. In de praktijk zullen verschillende infecties voorkomen zodat er een continu proces ontstaat.



Figuur 3 Levenscyclus van *Phytophthora capsici*.

2.2.1 Mycelium (schimmeldraden)

De groei van het mycelium is afhankelijk van de temperatuur en tevens afhankelijk van het isolaat:

- Minimum: 6-12 °C
- Optimum: 28-30 °C
- Maximum: 35-39 °C

Zonder waardplant sterft het mycelium af. Waardplanten zijn o.a. komkommer, tomaat, aubergine, erwten, citrus, brassica. In besmet plantmateriaal (wortels) in vochtige grond overleeft het mycelium ca 75 dagen, in droge grond kan het niet overleven.

2.2.2 Oosporen

Deze sporen worden gevormd als mycelium van de typen A1 en A2 met elkaar in contact komen. Beide typen komen voor in natuurlijke veldpopulaties.

Gedurende het seizoen zijn oosporen verantwoordelijk voor genetische diversiteit binnen een populatie, genetische diversiteit neemt toe gedurende het seizoen. De nakomelingen zijn genetisch verschillend. De virulentie van nakomelingen neemt toe door natuurlijke selectie. Oosporen zijn vaak de eerste bron van infectie. Deze sporen hebben ca. 30 dagen kiemrust nodig om te kunnen kiemen, de exacte duur hangt af van soort en isolaat. Zodra er dan vrij water beschikbaar is, komen de oosporen uit de kiemrust. Dat is vaak bij overstroming of wateroverlast (> 20 mm neerslag). Ze hebben een periode (5-10 dagen) nodig van lagere zuigspanning (-25 cm tot -100 cm water nodig, dwz minder nat) om te kunnen kiemen. Bij lagere zuigspanning en langere tijd wordt de kieming beter. Er worden sporangia gevormd. De sporangia kunnen ontwikkelen en planten direct aantasten, ze zijn weinig mobiel. De sporangia vormen mobiele zoosporen.



Figuur 4. Sporangium

De sporangia die gevormd zijn bij veel vrij water (lage zuigspanning -300 cm water) laten die zoosporen al 4 uur na verzadiging van de grond (0 tot -10 cm water) vrijkomen. Elk sporangium kan 20-40 zoosporen (zwemsporen) vormen die zich actief in vrij water bewegen. Deze sporen zijn dus veel mobieler. Met wortel exudaten kunnen sporen beter kiemen dan in schoon water, ongeacht het feit of het een waardplant is.

De oospore heeft een dikke wand die uit meerdere lagen bestaat. Door de oosporen kan *P. capsici* langdurig in de bodem overleven, minimaal 15 maanden. Langere overleving is ook aangetoond, van enkele jaren tot langer dan 5 jaar. De dichtheid van oosporen neemt na verloop van tijd af. Grond wordt weer besmettelijk bij overstroming of wateroverlast.

De overgebleven ruststructuren van *P. capsici* kiemen na overstromingen of wateroverlast. Uit onderzoek is gebleken dat de oospore niet verspreid wordt door de wind. De spore kan wel met stofdeeltjes meekomen, bijvoorbeeld bij grondverzet.

2.2.3 Zoosporen

Zoals hierboven beschreven komen zoosporen vrij uit sporangia nadat die zijn gegroeid uit de oosporen of mycelium. De zoosporen kunnen de planten actief aantasten. De vorming van de zoosporen gaat snel, in 36-48 uur komen zij vrij. Dat gebeurt in vrij water met capillaire kracht. Ook komen zoosporen snel vrij door een koudeschok. Alleen een hoge luchtvochtigheid is niet voldoende en ook bij luchtstroming komen de sporen niet vrij. Onder veldomstandigheden komen de zoosporen onregelmatig vrij, dat is ongeveer 5% van de tijd.

Onder gunstige omstandigheden kan een overvloedige sporangium productie plaatsvinden en dat veroorzaakt een zeer snelle uitbreiding van *P. capsici*. De zoosporen worden verspreid via opspattend water of een waterfilm, of via het gietwater. De zoosporen kunnen, net als de oosporen niet via wind worden verspreid.

De zoospore is een dunwandige spore. De zoosporen zijn als enige stadium beweegelijk, andere schimmeldeeltjes (chlamydosporen, sporangia, oosporen en cysten) zinken naar de bodem. Zoosporen zijn negatief geotropisch, dat wil zeggen dat ze zich tegen de zwaartekracht in bewegen. Ook kunnen ze tegen de stroming of tegen de capillaire werking in bewegen. Zoosporen bewegen actief zich naar de wortels toe en worden aangetrokken door wortellexudaten, het meeste naar de zone waar wortelstrekking plaatsvindt. Het is bekend dat zoosporen richting anode of kathode zwemmen bij lage stroomsterkte (0.5µA) en daar encysten. Afhankelijk van het soort *Phytophthora* vindt dit plaats bij de anode of kathode. Omdat de wortellexudaten ook een positieve of negatieve lading hebben, worden de sporen hierdoor aangetrokken. De sporen worden gelokt naar de beste plek. Het is ook vastgesteld dat zoosporen zich niet bewegen naar dode wortels.

De spore zwemt enkele minuten tot soms wel meerdere uren en verliest daarna zweepstaart. Snelheid van verplaatsen kan zijn 121-182 µm/s = 0.4-0.65 m/uur.

De afstand die afgelegd kan worden hangt af van de beschikbare hoeveelheid vrij water, in 3 mm water encysten de sporen na 30 minuten, in 5 mm water blijven de zoosporen uren zwemmen. In droge gronden en kleine poriën verplaatsen zoosporen zich op kortere afstand dan in natte grond met grote poriën. Bij een hoge concentratie sporen blijven ze langer mobiel. De beweeglijke zoosporen zijn de enige schimmeldelen die verantwoordelijk voor natuurlijke verspreiding van *P. capsici*.

Als ze bij de wortel zijn aangekomen, wordt deze herkend. Daarna kiemen de sporen binnen 60-90 minuten. *P. capsici* produceert een maceratieenzym dat weefsel zacht maakt waarna de kiembuis kan binnendringen.

Als de sporen schudden of botsen tegen harde oppervlaktes is dit de aanzet tot het afwerpen van de zweepstaart en het vormen van een celwand. Dit gebeurt dan binnen enkele minuten en deze vorm van sporen worden cysten genoemd. Het proces heet encysten. Encysted sporen zijn minder infectieus in water (21% aantasting) dan bewegende sporen (93% aantasting). Gedurende het encysten kunnen de sporen zich hechten aan de wortel. Er worden blaasjes gevormd die een kleverige substantie uitscheiden. Wortels die met zoosporen geïnfecteerd zijn kleuren 3 dagen later bruin.

2.3 Genetica

Phytophthora behoort tot de oomyceten, de waterschimmels. *Phytophthora* is nauwer verwant aan algen zonder fotosynthese dan aan schimmels.

Van *P. capsici* zijn meerdere stammen bekend en er blijkt veel genetische variatie te zijn tussen de verschillende stammen. *P. capsici* komt voor in 45 soorten van cultuur gewassen en onkruiden in 14 verschillende families. Daarvan zijn 19 soorten van 8 families bijzonder gevoelig, wortels en stam van de planten zijn binnen 7-10 dagen na besmetting volledig afgestorven. In paprika worden ook meerdere stammen gevonden. In isolaten van de schimmel uit paprika (*Capsicum annuum*) worden zelden tot nooit chlamydosporen gevormd. Isolaten uit sommige andere gewassen (*Piper niger*, *cocoa en Macadamia*) vormen soms overvloedig chlamydosporen.

Resistentie *P. capsici*

Onder invloed van het UV in het daglicht muteert bovengronds sporulerende *Phytophthora* sneller dan ondergronds sporulerende *Phytophthora*. Het risico op resistentievorming bij *P. capsici* is daardoor relatief klein.

Sexuele recombinatie speelt een belangrijke rol bij het ontwikkelen van resistentie bij *P. capsici*.

3. Besmetting, verspreiding en aantasting

3.1 Besmetting

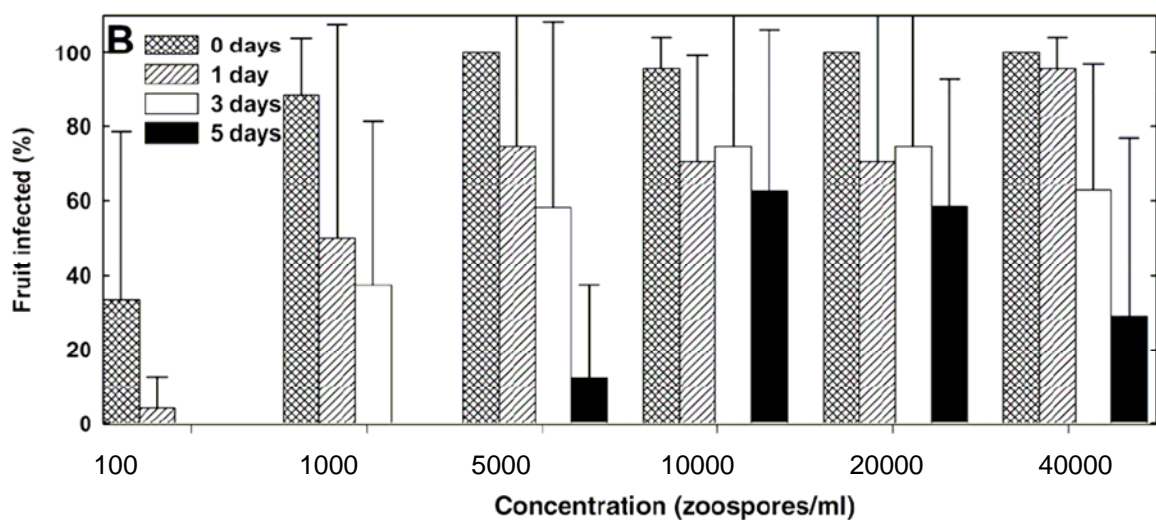
Er is maar een beperkt aantal sporen nodig bij de eerste besmetting. Zonder maatregelen en onder gunstige omstandigheden is de oömycete in staat tot een extreem snelle opbouw van de infectiedruk. De zoosporen zijn de belangrijkste infectiebronnen.

Besmet plantmateriaal, besmet water of besmette grond zijn meestal de bron van een besmetting. Een paar besmette deeltjes bleken in staat om infectiedruk snel te laten toenemen in korte tijd na overstroming van de grond. De aantasting treedt in de buitenteelten vooral op in periodes met hevige regenval en kan zich dan snel verspreiden.

Verspreiding in de kas vindt o.a. plaats met het drainwater.

De meeste infectie vindt plaats doordat de zoosporen actief naar de plant bewegen. Het komt minder vaak voor dat de plant tijdens de groei toevallig met daar aanwezige sporen in contact komt. Besmettelijkheid van sporen is onafhankelijk van de plantleeftijd (17 tot 59 dagen). Zaaialingen sterven binnen vijf dagen af. Symptomen zijn later zichtbaar bij toenemende plantleeftijd. Bij hogere infectiedruk raakt een groter percentage planten aangetast. Bij beschadigde wortels is er een grotere kans op infectie, net als bij een hogere infectiedruk. Ook bij aanwezigheid van andere bodemschimmels zoals *Verticillium* of *Pythium* is de kans op infectie door *P. capsici* groter. Aanwezigheid van *P. capsici* gecombineerd met *Verticillium dahliae* leidt tot meer aantasting dan *P. capsici* of *Verticillium dahliae* alleen.

Oudere sporen zijn weer minder infectieus. Vanaf 1000 sporen per ml geven verse sporen altijd een hoog percentage besmetting. Sporen van 5 dagen oud laten een veel lagere besmetting zien. Bij lage infectiedruk geven verse sporen (op dezelfde dag gevormd) wel een behoorlijke besmetting, maar sporen van één dag oud geven nauwelijks besmetting. Dit is weergegeven in onderstaande figuur.



Figuur 5 Infectie door *P. capsici* bij verschillende leeftijden en concentraties van sporen.

De schimmel wordt onregelmatig aangetoond in water reservoirs, sloten en rivieren (15.2% van de 769 monsters is positief). Het is niet waarschijnlijk dat de zoosporen kunnen overwinteren, dus ook niet in bassins.

Besmetting over lange afstand kan via bedrijfsbezoeken door bijv. loonwerkers plaatsvinden en 7-14 dagen na infectie/planten zijn al symptomen zichtbaar. Larven van vliegen en muggen en slakken kunnen levensvatbare *Phytophthora* uitscheiden, maar dit draagt niet bij aan massale verspreiding. Wel kan dit een primaire aantasting opleveren. Ook met stofdeeltjes kunnen sporen worden verspreid.

3.2 Detectie en diagnose

Als er nog geensymptomen zichtbaar zijn, zijn mycelium, oosporen en zoosporen van *P. capsici* in een recirculatiesysteem moeilijk aantoonbaar met de standaard diagnostiek. Aantasting van wortels is wel microscopisch aan te tonen of via het DNA met de real time PCR methode.

Aantoonbaarheid van mycelium en sporen buiten de planten wisselt gedurende de tijd en is afhankelijk van de gebruikte detectiemethode. Een lage populatiedichtheid wordt niet gedetecteerd. De sporen zijn met monitoring moeilijk aantoonbaar, alleen als het aantal een bepaalde ondergrens overschrijdt kan de schimmel worden aangetoond. Dat geldt ook voor besmette grond.

De monitoring van een onderzoek naar de aanwezigheid van *P. capsici* in waterreservoirs, sloten en rivieren vond plaats met bladponsjes. Dit is de beste methode omdat de besmettelijke zoosporen in water moeilijk zijn aan te tonen met standaardmethoden. In drainwater bestaat 94% van de *P. capsici* delen die worden gevonden uit zoosporen. De detectielimiet is 33.3 CFU/liter.

Samengevat:

Diagnose van zieke planten is microscopisch goed mogelijk en ook met de real time PCR methode is *P. capsici* goed aan te tonen in ziek plantmateriaal. Een betrouwbare diagnose van een gewasmonster voor preventieve screening (monitoring) is niet vanzelfsprekend. Dit betekent dat een monster waarin geen *P. capsici* is aangetoond niet altijd vrij zal zijn van *P. capsici*. De methode van bladponsjes is goed bruikbaar voor monitoring in water.

4. Bestrijdingsmogelijkheden

Bestrijding van *P. capsici* is moeilijk, een aangetaste plant kan niet meer herstellen. Behandeling met chemische middelen levert een beperkte bijdrage. Het accent bij de bestrijding ligt op preventie en bestrijding door hygiëne en ontsmetting. Er is ook resistentie waargenomen bij pepers.

4.1 Resistentie van gewas

Sommige peperrassen zijn resistent. Het werkingsmechanisme daarvan is gebaseerd op de vorming van de stof capsidiol door de plant. Deze stof is toxisch voor *P. capsici*. Na 6 dagen is 1204 $\mu\text{mol/ml}$ gemeten na infectie door *P. capsici*. Drie dagen na de besmetting met zoosporen kleuren de wortels van een resistent ras niet bruin.

Verkrijgen van resistentie via veredeling is moeilijk omdat er veel genetische variatie bestaat tussen verschillende stammen van *P. capsici*. Resistentie berust namelijk op meerdere genen. De resistentie is ras en *P. capsici* stam specifiek en daarom moeilijk genetisch in te bouwen.

4.2 Onderzoek naar bestrijding

Zoals blijkt uit de kenmerken van de verschillende stadia van *P. capsici* beschikken het mycelium en de oosporen over een dikke wand en zijn de oosporen bovendien goed in het overleven van moeilijke omstandigheden. Voor de oosporen zijn daarom geen geschikte bestrijdingsmethoden of middelen beschikbaar.

De zoosporen zijn het meest talrijk en infectueus en verspreiden zich makkelijk. Bovendien zijn de zoosporen het meest kwetsbaar. Daarom is er veel onderzoek gedaan naar doding van zoosporen. Naast de chemische gewasbeschermingsmiddelen zijn er ook diverse andere middelen, microorganismen en methoden onderzocht. Eerst worden diverse methoden en middelen behandeld en daarna de chemische gewasbeschermingsmiddelen.

4.2.1 UV-ontsmetting

In gedestilleerd water is een lagere dosis UV nodig dan in gerecirculeerd teeltwater. Cysten en zoosporen van *P. capsici* zijn even gevoelig voor UV. Schimmeldraden zijn minder gevoelig.

De dosis UV voor doding van sporen is groter dan de dosis UV nodig om uitgroei van schimmel uit sporen te voorkomen. Voor de controle van de ontsmetting is kolonievorming een betere maatstaf dan sporekieming.

Zoosporen in gedestilleerd water worden gedood bij een dosis lagedruk UV van 80 mJ/cm^2 en een dosis hogedruk UV van 30 mJ/cm^2

In drainwater is 2 tot 4 keer hogere dosering nodig om hetzelfde effect te bereiken. Dit wordt veroorzaakt doordat de lichtdoordringing in drainwater 20 keer minder is ten gevolge van organische vervuiling en opgeloste deeltjes.

Bij 60 mJ/cm^2 is het aantal levensvatbare zoosporen in verdund drainwater kleiner dan in onverdund drainwater maar 5% van de sporen is nog levensvatbaar. Waarschijnlijk kan het percentage levensvatbare sporen verlaagd worden door aanpassingen in het reactievat.

Schimmeldraden in gedestilleerd water worden gedood bij een dosis hogedruk UV van 60 mJ/cm^2 .

Voor een goede bestrijding van *P. capsici* in recirculatiewater is een dosering van 100 mJ/cm^2 of hoger voldoende voor het doden van zoosporen.

4.2.2 Verhitting

Zoosporen *P. nicotianae*:

0% infectie na 6 uur 48°C

0% infectie na 12 uur 42°C

Oosporen *P. nicotianae*:

0% infectie na 6 uur 48°C

0% infectie na 24 uur 42°C

Hieruit blijkt dat bij een lage temperatuur een langere behandelduur nodig is dan bij een hogere temperatuur.

In de drainontsmetters die werken met verhitting is 3 minuten 60 °C voldoende om zoosporen van *P. capsici* doden.

4.2.3 Diverse middelen

Uit onderstaande figuur blijkt dat veel middelen en methoden wel een goede werking kunnen hebben als de behandeling 2 uur duurt. Echter, bij een korte behandelingstijd blijven er maar weinig mogelijkheden over, zie figuur.6. Dat zijn natriumhypochloriet en Cutrine-Plus.

In diverse andere onderzoeken zijn andere middelen en methoden beschreven. Uit het onderzoek blijkt dat geen enkel middel aangetaste planten kan laten herstellen. Het werkingsmechanisme berust op remmen van de populatieopbouw van *P.capsici*:

- minder sporenvorming
- minder kiemen van sporen
- tragere schimmelgroei

Het gaat daarbij om:

- antagonisten
- remming door niet chemische middelen
- bestrijding door chemische middelen
- continue behandeling met chloorproducten

Antagonisten

Trichoderma harzianum kan worden toegepast als zaadbehandeling en worteldompeling. Deze toepassing remt de groei van stengel lesies met respectievelijk 25-50%. Zes dagen na inoculatie met *P. capsici* stijgt de capsidiolconcentratie in met *Trichoderma harzianum* behandelde paprika planten tot 7x de capsidiol concentratie (242 µg/g) van geïnfecteerde planten die niet met *Trichoderma harzianum* waren behandeld.

Ook compostextracten laten een antagonistische werking zien. Compostextracten kunnen het kiemen van zoosporen (77 tot 91%) en de myceliumgroei remmen (57 tot 72%). Ook beïnvloedt het de kiembuislengte met een afname van 59.4 tot 80.2%. Dopen van wortels in compostextract geeft 60% minder aangetaste planten na besmetting met *P. capsici* sporen waarbij 45% van de met compost behandelde planten symptomen laten zien.

Chitinase

Drie chitinase-producerende bacteria zijn getest als antagonist tegen *P. capsici*: in onbehandeld is na 20 dagen 50% van de planten verwelkt. Met de antagonist is slechts 10% van de planten dood.

In veldsituatie is dit herhaald en dit leidde ook tot een zichtbaar resultaat

- bij lichte infectiedruk toonde onbehandeld 35% uitval, behandeld 2% uitval
- bij hoge infectiedruk was er in onbehandeld 75% uitval, in behandeld 15% uitval

Remming door etherische oliën

Etherische oliën van oregano, palmarosa en rode thym remmen de productie en kieming van sporangia, zoosporen en mycelium. Deze olieën zijn in potentie geschikt als onderdeel van geïntegreerde bestrijding van *P. capsici*.

Oligochitosan is een product verkregen uit garnalen en krab schalen. In vitro (laboratorium) remt het de schimmelgroei en zoosporeproductie.

Bemesting met fosfiet

Fosfiet (concentratie 0.3 mol/liter + 1 mol/l P) remt de symptoomontwikkeling (-30%) na besmetting met *P.capsici*. Echter, alle planten zijn wel geïnfecteerd en zullen uiteindelijk afsterven. Fosfiet draagt niet bij aan de P-voorziening.

Natriumhypochloriet, kortweg chloor

De celwanden van mycelium hebben een normale dikte en daardoor weinig gevoelig voor chloor. De sporangium productie neemt ca 50% af bij langere blootstellingsduur (van 0.5 en 8 minuten). Bij 0.5 ppm hypochloriet worden 20% minder sporangia gevormd, bij 8 ppm ca 95% minder. Dit is gemeten gedurende 4 uur na blootstelling, als hypochloriet is uitgewerkt worden weer sporangia gevormd. Zoosporen hebben een dunne celwand en worden volledig gedood bij een restgehalte van 2 ppm chloor bij 0.25 min behandelingsduur.. Bij lagere concentraties chloor worden niet alle sporen gedood. De blootstellingsduur 0.25-4 minuten is bij lagere concentraties niet van invloed(14). De sporen kunnen overleven bij een restchloorgehalte van 0.77 mg/liter (ppm).

In schoon "nanopure" water met 0.5% steriel bodemvocht en 675 zoosporen/ml bij 8 ppm gedurende 8 minuten is 99% doding gerealiseerd. Bij een behandeling van 8 minuten met 1 ppm is het resultaat 80% doding, bij een behandeling van 1 minuut met 8 ppm is 95% doding gemeten. De oosporen zijn dikwandig en weinig gevoelig voor chloor (100-500 ppm).

0.5% natriumhypochloriet is geschikt voor desinfecteren van bakken en gereedschap

In reservoirs en bassins is vaak *Phytophthora* aanwezig.

P. cinnamomi:

Bij een dosering van 2 mg/L natriumhypochloriet zijn zoosporen na 1 minuut bij 18 graden dood. Voor het doden van mycelium is 100-200 mg/L actieve stof nodig vanwege de dikwandige chlamydosporen. Mycelium van *P. cryptogea* met nauwelijks chlamydosporen gaat dood bij een dosering van 50-100 ppm actief chloor.

Voor effectieve doding van zoosporen in het druppelwater moet 5 tot 10 ppm natriumhypochloriet gedoseerd worden om organisch materiaal te neutraliseren. Bij restgehalten actief chloor van 0.6- 2 ppm worden alle zoosporen gedood. 2.9 mg/liter vrij chloor is veilig voor de meeste gewassen. De effectiviteit van natriumhypochloriet neemt toe als het gecombineerd wordt met filtertechnieken.

4.2.4 Chemische gewasbeschermingsmiddelen

Zoals al eerder gemeld is het niet mogelijk om aangetaste planten te laten herstellen, dat geldt ook voor de chemische middelen. Na aanvang van chemische bestrijding blijven er nog enige tijd planten uitvallen. Het doel van het gebruik van de chemische gewasbeschermingsmiddelen is het elimineren van de infectiedruk in besmette matten. Daarvoor is contact met het gehele besmette wortelvolumen zeer belangrijk. Goede ervaringen heeft Bayer met het open snijden van matten en vervolgens aangieten van middelen.

In verschillende onderzoeken zijn fungiciden getest. Fungiciden werken niet voldoende als planten eenmaal zijn aangetast. De middelen verminderen het schadelijke effect van *P. capsici* maar kunnen groeireductie en of aantasting niet voorkomen. De volgende middelen zijn in het buitenland onderzocht en niet in Nederland toegelaten. De werking is niet beter dan de middelen die in Nederland zijn toegelaten.

- mfenoxam
- famoxadone + cymoxanil
- zoxamide + mancozeb
- metalaxyl
- azoxystrobin
- dimethomorph
- fluazinam
- fosetyl-Aluminium
- mandipropamid en fluopicoide

De middelen die momenteel (2013) in Nederland zijn toegelaten in paprika tegen *P. capsici* zijn AATerra en Previcur Energy. Met deze combinatie zijn in de praktijk ook redelijke resultaten behaald.

5. Ervaringen van telers

5.1 Ontwikkeling van *Phytophthora capsici* in het gewas

Op een van de bedrijven met uitval door *P. capsici* is geteeld met hergebruik van drainwater zonder ontsmetting. Nadat er tweemaal chemisch was bestreden, was er toch een sterke uitbreiding van de aantasting. Er was meer dan 30% uitval, veel planten waren besmet. De meeste aantasting was zichtbaar bij de gevel. De drainrichting was naar de gevel en de watergift werd gevoed vanaf de gevel. Zo kwamen er steeds nieuwe besmette matten bij.

Een aantal andere bedrijven werkten met een ontsmetter of zonder hergebruik van drainwater. Deze telers hadden 2 tot 7 keer chemisch bestreden. Op dit bedrijf bleef de uitval beperkt. Nieuwe besmettingen kwamen alleen voor in matten waar al planten waren weggevallen, op natte plekken, bij wortelgroei in de goot en daar waar goten waren verstopt of er een waterfilm onder de mat aanwezig was. Op één bedrijf heeft de verspreiding na de eerste besmetting plaatsgevonden door het opensnijden van matten en naar de wortels kijken in verschillende matten.

Als het waterkanaal in de goot zich midden in de goot onder de mat bevindt voorkomt afdekken van het waterkanaal met zwart plastic algengroei en contact van de wortels met drainwater.

Bij telers is gebleken dat contact tussen matten m.n. via het drainwater besmetting kan veroorzaken. Het contact kan op verschillende manieren plaatsvinden:

- waterfilm tussen de matten
- wortels in de goot
- kruisbesmetting bij het bekijken van wortels

Maatregelen die het contact verminderen zijn:

- voorkom dat drainwater uit de ene mat in een andere mat kan komen
- (druppel)goot afdekken met plastic
- 10 cm ruimte tussen de matten op de goot
- gebruik bij het bekijken van wortels handschoenen en vervang deze na elke mat.

De ervaringen van de telers komen overeen en zijn te verklaren met de informatie uit de literatuur.

Als telers worden geconfronteerd met een uitbraak van *P. capsici* is het meestal niet bekend of *P. capsici* in het voorgaande jaar voorkwam. De eerste besmetting blijkt vaak te zijn ontstaan na wateroverlast, lekkage of een gesprongen leiding. Soms was er ook veel grondverzet in de buurt. Wortelgroei in de goot is ook een grote risicofactor. Bij de eerste aantasting zit er vaak een lange tijd tussen eerste symptomen, het stellen van een diagnose en het nemen van maatregelen.

Dit komt overeen met de literatuur: als het gewas ouder is bij de infectie duurt het langer voordat een gewas symptomen vertoont. In die tijd kunnen veel sporen worden gevormd die de verdere verspreiding van de ziekte veroorzaken. Alleen chemische bestrijding kan dan helpen. Als de opbouw van de besmetting van *Phytophthora capsici* lang duurde, bijvoorbeeld 6 weken, dan valt te verwachten dat het ook vrij lang duurt voordat de behandeling effect heeft.

5.2 Geschikte maatregelen voor de praktijk

In de onderstaande tabel zijn de meest succesvolle maatregelen uit de literatuur samengevat.

Tabel 1 Effectieve maatregelen ter voorkoming en bestrijding van *Phytophthora capsici*

Methode	Preventief / curatief	Dosering/ gehalte	onderdeel	Effectiviteit op Phytophthora
UV- ontsmetting (geen resistentie risico)	P		Zoosporen in drainwater	99.99%
Verhitting	P			
Natrium hypochloriet (2 ppm)	P		Zoosporen in gietwater	99.99%
Chemische middelen (risico resistentie?)	Curatief op zoosporen, niet op aangetaste planten		Substraat	bestrijding van zoosporen, voorkomt uitbreiding
Voorkom <i>Pythium</i> en <i>Verticillium</i>	p		Substraat	50% remming
Lage infectiedruk <i>P. capsici</i> sporen, hoe lager hoe minder geïnfecteerde planten	p		substraat	70% remming
Antagonisten toevoegen	P		substraat	0-50% remming
etherische oliën toevoegen	P		lab-proeven	0-50% remming
Chitosan	p		lab-proeven	50-100% remming
Kalifosfiet			Zoosporen in gietwater	40% remming

Voor de juiste aanpak van *P. capsici* is het erg belangrijk om te weten of er nog geen besmetting is, het de eerste besmetting is of dat er in de vorige teelt besmetting is opgetreden. In hoofdstuk 6 worden de beste maatregelen ter voorkoming en bestrijding van *P. capsici* samengevat in een protocol.

Methoden en middelen die niet 100% bestrijden zijn niet geschikt ter voorkoming van *P. capsici*. Daardoor wordt alleen de uitbreiding beperkt. Zoosporen moeten 100% gedood worden, dat lukt alleen met UV, verhitting en natriumhypochloriet. Als er geen preventieve maatregelen genomen zijn en er is toch aantasting, dan helpen alleen de middelen die in de mat kunnen worden gedoseerd. Een combinatie van AATerra en Previcur Energy geeft de beste resultaten in de praktijk. Omdat eenmaal aangetaste planten toch zullen uitvallen duurt het lang voordat de resultaten van de behandeling zichtbaar zijn.

6. Maatregelen ter voorkoming van infectie en uitbreiding van *Phytophthora capsici*

Protocol preventieve maatregelen

De aanbevolen maatregelen tegen P.c. zijn gebaseerd op de eigenschappen van de schimmel en de tot dan toe bekende en toegelaten middelen en maatregelen, zoals die in het rapport "Plantgezondheid in paprika; beheersing *Phytophthora capsici*" zijn beschreven.

Het belangrijkste gevolg van een infectie is dat geïnfecteerde planten altijd dood zullen gaan en niet meer kunnen herstellen. Laat verdacht plantmateriaal onderzoeken op *P. capsici*. Massale verspreiding van *P. capsici* vindt plaats door zoosporen in het recirculatiesysteem. De aanwezigheid van de zoosporen in water is moeilijk aan te tonen. Monitoring op *Phytophthora capsici* met bijv. een DNA-check heeft daarom niet veel zin. Omdat er al veel sporen verspreid kunnen worden voordat symptomen zichtbaar zijn kunnen in korte tijd al veel planten geïnfecteerd raken.

Preventieve maatregelen kunnen de verspreiding van zoosporen voor 99.99% voorkomen. In een teelt waar het drainwater wordt ontsmet of continu het reinigingsmiddel hypochloriet wordt meegedruppeld zal bij de eerste besmetting van een paar planten geen explosieve toename van *P. capsici* plaatsvinden. De preventieve maatregelen staan in onderstaande tabellen.

Naarmate er minder aan preventie gedaan wordt zal de kans groter worden dat er in de incubatieperiode meer planten besmet worden en zal het, nadat de *P. capsici* symptomen zichtbaar geworden zijn, moeilijker worden om *Phytophthora capsici* te beheersen.

Naarmate er minder preventieve maatregelen zijn getroffen wordt het belangrijker om *P. capsici* snel vast te stellen. Herhaaldelijk toepassen van chemische middelen is dan noodzakelijk om de uitbreiding van de geïnfecteerde planten te remmen. Geïnfecteerde planten gaan dood waardoor het effect van chemische middelen pas na verloop van tijd zichtbaar wordt.

Omdat zieke planten via het water andere planten ziek kunnen maken dienen planten met symptomen zo snel mogelijk in een gesloten zak verwijderd te worden.

Omdat het effect van bestrijdingen vaak lang op zich laat wachten is het nuttig om het verloop van de ziekte te registreren op een plattegrond.

Symptomen bij paprika aangetast door *Phytophthora capsici*

bruinverkleuring van de wortels

soms lijkt een deel van de wortels nog goed

bij doorsnijden bruin/zwart merg

bruinverkleuring van de stengelvoet

plotseling slap gaan van de bladeren

plant herstelt nauwelijks bij donker weer

de plant gaat dood

middelen kunnen schimmelgroei remmen waardoor de planten later afsterven

Tabel 2 Aanbevolen maatregelen ter voorkoming van *Phytophthora capsici*.

maatregelen tijdens de teelt			Maatregelen ter voorkoming en uitbreiding van <i>Phytophthora capsici</i>
Altijd, ook als er geen besmetting is	1e besmetting in lopende teelt	teeltwisseling na besmette teelt	
1	1	1	voorkom natte plekken en plassen
2	2	2	voorkom druppelende of lekkende leidingen, drainslangen, CO2 leidingen, condensgootjes etc.
3	3	3	voorkom verstopte dakgoten en overstromende silo's,
4	4	4	voorkom contact van wortels met drainwater
5	5	5	draag schone handschoenen bij het bekijken van wortels in de mat en wissel deze bij elke mat
6	6	6	realiseer een snelle afvoer van drainwater, voorkom verstoppingen
7	7	7	geef geen koud gietwater, daarmee wordt sporulatie voorkomen
8	8	8	voorkom koude, bij bijvoorbeeld ruitbreuk
9	9	9	let op zieke/slappe planten
10	10	10	laat bij verdachte plant of uitval altijd diagnose stellen door lab
11	11	11	laat bezoekers overschoenen dragen
12*	12	12	ontsmet het drainwater
	13	13	indien niet ontsmet wordt of continu natriumhypochloriet gedoseerd is: stop met recirculeren
	14	14	verwijder aangetaste planten en wortels samen met de hele mat in een afgesloten zak, voorkom lekken. Eerst druppelaars verwijderen en enkele dagen later verwijderen als mat enigszins is ingedroogd voorkomt druipen!
	15	15	2e keus: verwijder losse aangetaste planten door ze onder de pot los te snijden, voorkom beschadiging van wortels van gezonde planten, ontsmet de mat via het plantgat met AAterra.
	16	16	voer een chemische bestrijding uit met een sporendodend middel
13*	17	17	doseer natriumhypochloriet mee met gietwater, max. 5 ppm bij de druppelaar
	18	18	verwijder besmette druppelaars, gebruik nieuwe druppelaars bij herplanten

* Deze maatregelen voorkomen uitbreiding van *P. capsici* besmetting voordat de eerste geïnfecteerde planten symptomen laten zien. Één van de twee maatregelen in een onbesmette teelt is voldoende. Op besmette bedrijven geeft ontsmetten van drainwater in combinatie met het reinigingsmiddel natriumhypochloriet extra zekerheid.

Tabel 3. Aanbevolen maatregelen tegen *Phytophthora capsici* bij de teeltwisseling en de start van de teelt.

maatregelen tijdens teeltwisseling en start teelt		Protocol bij teeltwisseling, met extra aanbevelingen voor <i>Phytophthora capsici</i> . Schema voor schoonmaken en ontsmetten van de kas en teeltsysteem
Altijd, ook als er geen besmetting is	teeltwisseling na besmette teelt	
1	1	Check of de loonwerker werkt met schoon materiaal, vrij van organisch materiaal en ontsmet, bijvoorbeeld gestoomd.
2	2	Kas uitruimen, vegen en 100% gewasresten verwijderen. Versnipperen en stofzuigers e.d inzetten is handig, maar daarbij wordt meer stof door de hele kas verspreid.
3	3	Druppelslangen 24 uur volzetten met natriumhypochloriet 1000 ppm. Bij zoutaanslag en sterke vervuiling eventueel eerst 24 uur volzetten met 1 à 2% salpeterzuur (pH 1) en daarna spoelen met schoon water(chloor mag niet in contact komen met zuur) .
4	4	Stekers van druppelaars eraf halen en gedurende 24 uur ontsmetten in 1 à 2% salperterzuur (pH 1). Neem desnoods een set nieuwe stekers zodat je van afdeling naar afdeling kan werken.
	5	Kasopstanden afsprengen met water om stof van kas en onderdelen te verwijderen. In geval van zware besmetting reeds hier Natriumhypochloriet aan het water toevoegen. Ca. 3.000 liter oplossing per ha gebruiken. Concentratie chloor relatief laag: 100 ppm.
	6	Werkzaamheden met grondcontact uitvoeren in een aparte werkgang
	7	Gronddoek apart behandelen met ruim water 5000 l/ha en chloor (200 ppm). Als er plastic onder het gronddoek ligt is 3000 l/ha ldoende.
	8	Druppelslangen uitwendig afsprengen met chloor (200 ppm)
	9	Goten en druppelslangen reinigen nadat alle kasdelen en gronddoek zijn behandeld. Dit voorkomt dat er weer vuil op de goten komt.
	10	Goten die sterk vervuild zijn met algen en neergeslagen zouten (harde laag aan de goot) moeten worden voorbehandeld. Dit kan met een zure oplossing (pH 3 à 4) of met het middel van Formflex (dat is ook een zure oplossing). Dit met weinig water op goot spuiten en ca. 10 minuten in laten werken. In een volgende werkgang (hogedrukspuit) de goot afsprengen met water. Eventueel met peroxide erin (bijvoorbeeld jet 5, ca. 75 ppm)(geen chloor, dat gaat niet goed na zuur).
	11	Niet vervuilde goten ontsmetten met natrium hypochloriet 500 ppm
	12	Schoon/vuil draintanks legen, spoelen met schoon water en ontsmetten met natriumhypochloriet (ca. 100 ppm)
	13	dek de grond af met plastic folie
	14	Voer een ruimtebehandeling uit om sporendruk op het schermdoek te verlagen, laat schermdoek 75% open lopen. Loonbedrijven gebruiken combi van peroxide/perazijnzuur (bijvoorbeeld jet 5, 30 l/ha) als fogbehandeling.
	15	Vorbereiding nieuwe teelt
	16	gebruik nieuw of gestoomd substraat
1	17	voorkom een waterfilm tussen mat en goot en tussen matten
2	18	voorkom "matcontact", zorg voor een afstand van ca. 10 cm tussen de matten
	19	spuit, in geval van zware aantasting in vorigeteelt, 2 dagen voor aanvang teelt nogmaals met Natrium hypochloriet (50 ppm). Spuiten met spuitboom (1.500-2.000 liter/ha). Op laten drogen en iets lucht zetten dag voor planten.
3	20	voorkom overlopende draingoten, prik de matten daarom eerst lek
4	21	draineer de matten aan één kant in de lengte richting
	22	draineer de matten in een aparte werkgang met tapijtmessen
5	23	Controleer de effectiviteit van de ontsmetter voordat met recirculeren gestart wordt.
	24	bestrijd "ongedierte" zoals slakken en varenrouwmug

Bronnen

1. Seon-In Yeom, Hyang-Ku Baek, Sang-Keun Oh, Won-Hee Kang, Sang Jik Lee, Je Min Lee, Eunyoung Seo, Jocelyn K. C. Rose, Byung-Dong Kim and Doil Choi. (2011) Use of a Secretion Trap Screen in Pepper Following *Phytophthora capsici* Infection Reveals Novel Functions of Secreted Plant Proteins in Modulating Cell Death MPMI Vol. 24, No. 6, 2011, pp. 671–684.
2. Egea, C., Alcázar, M. D. and Candela, M. E. (1996), Capsidiol: Its role in the resistance of *Capsicum annuum* to *Phytophthora capsici*. *Physiologia Plantarum*, 98: 737–742.
3. Sally A. Miller, Randall C. Rowe, and Richard M. Riedel. *Phytophthora Blight of Pepper and Cucurbits*. Extension HYG-3116-96 FactSheet Department of Plant Pathology The Ohio State University
4. Thomas A. Zitter, Department of Plant Pathology, Cornell University (1989) *Phytophthora Blight of Cucurbits, Pepper, Tomato, and Eggplant*. Fact Sheet Page: 736.20. http://vegetablemdonline.ppath.cornell.edu/factsheets/Cucurbit_Phytoph.htm
5. F.J. Louws, G.J. Holmes, and K.L. Ivors (2012) Pepper - *Phytophthora* blight. Department of Plant Pathology North Carolina State University http://www.cals.ncsu.edu/plantpath/extension/fact_sheets/Pepper_-_Phytophthora_blight.htm
6. Lisa M. Oelke, Paul W. Bosland and Robert Steiner University Statistics (2003) Differentiation of Race Specific Resistance to *Phytophthora* Root Rot and Foliar Blight in *Capsicum annuum*. : J. AMER. SOC. HORT. SCI. 128(2):213–218.
7. Adrian Zapata-Vazquez, Mario Sanchez-Sanchez, Alicia de-Rio-Robledo, Hector Silos-Espino, Catarino Perales-Segovia, Silvia Flores-Benitez, MarioMartin Gonzalez-Chavira, and Luis Lorenzo Valera-Montero. (2012) *Phytophthora capsici* Epidemic Dispersion on Commercial Pepper Fields in Aguascalientes, Mexico. *The ScientificWorld Journal* Volume 2012, Article ID 341764, 5 pages
8. Granke, L. L., and Hausbeck, M. K. (2010). Effects of temperature, concentration, age, and algicides on *Phytophthora capsici* zoospore infectivity. *Plant Dis.* 94:54-60.
9. Jean Beagle Ristaino and Stephen A. Johnston (1999). Ecologically Based Approaches to Management of *Phytophthora* Blight on Bell Pepper. *Plant Disease / Vol. 83* No. 12.
10. Granke, L. L., Windstam, S. T., Hoch, H. C., Smart, C. D., and Hausbeck, M. K. (2009). Dispersal and movement mechanisms of *Phytophthora capsici* sporangia. *Phytopathology* 99:1258-1264.
11. Sang, M. K., Kim, J.-G., and Kim, K. D. (2010). Biocontrol activity and induction of systemic resistance in pepper by compost water extracts against *Phytophthora capsici*. *Phytopathology* 100:774-783.
12. French-Monar, R. D., Jones, J. B., and Roberts, P. D. (2006). Characterization of *Phytophthora capsici* associated with roots of weeds on Florida vegetable farms. *Plant Dis.* 90:345-350.
13. Hong, C. X., Richardson, P. A., Kong, P., and Bush, E. A. (2003). Efficacy of chlorine on multiple species of *Phytophthora* in recycled nursery irrigation water. *Plant Dis.* 87:1183-1189.
14. Sanogo, S. 2007. Interactive effects of two soilborne pathogens, *Phytophthora capsici* and *Verticillium dahliae*, on chile pepper. *Phytopathology* 97:37-43.
15. Gevens, A. J., Donahoo, R. S., Lamour, K. H., and Hausbeck, M. K. (2007). Characterization of *Phytophthora capsici* from Michigan surface irrigation water. *Phytopathology* 97:421-428.
16. Förster, H., Adaskaveg, J. E., Kim, D. H., and Stanghellini, M. E. (1998). Effect of phosphite on tomato and pepper plants and on susceptibility of pepper to *Phytophthora* root and crown rot in hydroponic culture. *Plant Dis.* 82:1165-1170.
17. Bush, E. A., Hong, C. X., and Stromberg, E. L. (2003). Fluctuations of *Phytophthora* and *Pythium* spp. in components of a recycling irrigation system. *Plant Dis.* 87:1500-1506.
18. Sujkowski, L. S., Parra, G. R., Gumpertz, M. L., and Ristaino, J. B. (2000). Temporal dynamics of *Phytophthora* blight on bell pepper in relation to the mechanisms of dispersal of primary inoculum of *Phytophthora capsici* in soil. *Phytopathology* 90:148-156.
19. French-Monar, R. D., Jones, J. B., Ozores-Hampton, M., and Roberts, P. D. (2007). Survival of inoculum of *Phytophthora capsici* in soil through time under different soil treatments. *Plant Dis.* 91:593-598.
20. Parra, G., and Ristaino, J. B. (2001). Resistance to mefenoxam and metalaxyl among field isolates of *Phytophthora capsici* causing *Phytophthora* blight of bell pepper. *Plant Dis.* 85:1069-1075.

21. Matheron, M. E., and Porchas, M. (2000). Comparison of five fungicides on development of root, crown, and fruit rot of chile pepper and recovery of *Phytophthora capsici* from soil. *Plant Dis.* 84:1038-1043.
22. S. P. Fernández-Pavía, G. Rodríguez-Alvarado, A. López-Ordaz, and Y. L. Fernández- Pavía, (2006). First Report of *Phytophthora capsici* Causing Wilt on Hydroponically Grown Cucumber in Mexico *plant disease* 90, Number 12: 1552
23. Yang Bi, He Jiang, Mary K. Hausbeck, and Jianjun J. Hao (2012). Inhibitory Effects of Essential Oils for Controlling *Phytophthora capsici* Volume 96, 6:797-803
24. Hong, C., Richardson, P. A., and Kong, P. (2008). Pathogenicity to ornamental plants of some existing species and new taxa of *Phytophthora* from irrigation water. *Plant Dis.* 92:1201-1207.
25. Anthony P. Keinath (2012). Managing *Phytophthora* Diseases on Squash and Pepper. <http://www.clemson.edu/psapublishing/pages/PLNTPATH/IL85.pdf>
26. Quesada-Ocampo, L. M., Granke, L. L., Mercier, M. R., Olsen, J., and Hausbeck, M. K. (2011). Investigating the genetic structure of *Phytophthora capsici* populations. *Phytopathology* 101:1061-1073.
27. vacature
28. Mary K. Hausbeck and Kurt H. Lamour (2004). *Phytophthora capsici* on Vegetable Crops: Research Progress and Management Challenges. *Plant Disease* / Vol. 88 No. 12.
29. Granke, L. L., Quesada-Ocampo, L. M., and Hausbeck, M. K. 2011. Variation in phenotypic characteristics of *Phytophthora capsici* isolates from a worldwide collection. *Plant Dis.* 95:1080-1088.
30. K. H. Lamour and M. K. Hausbeck (2002). The Spatiotemporal Genetic Structure of *Phytophthora capsici* in Michigan and Implications for Disease Management. *Phytopathology* Vol. 92, No. 6, 681
31. Zia Banihashemi & Jim D. MacDonald & Manuel C. Lagunas-Solar (2010) Effect of high-power monochromatic (pulsed UV laser) and low-power broadband UV radiation on *Phytophthora* spp. in irrigation water. *Eur J Plant Pathol* 127:229–238
32. W. Hao & M. O. Ahonsi & B. A. Vinatzer & C. Hong (2012). Inactivation of *Phytophthora* and bacterial species in water by a potential energy-saving heat treatment. *Eur J Plant Pathol* (DOI 10.1007/s10658-012-9994-4)
33. Bonnie R. Glosier · Ebenezer A. Ogundiwin Gurmel S. Sidhu · David R. Sischo James P. Prince. (2008) A diVerential series of pepper (*Capsicum annuum*) lines delineates fourteen physiological races of *Phytophthora capsici*. *Physiological races of P. capsici* in pepper. *Euphytica* 162:23–30
34. Young Cheol Kim, Hyunchoe Jung, Kil Yong Kim and Seur Kee Park. (2008) An effective biocontrol bioformulation against *Phytophthora* blight of pepper using growth mixtures of combined chitinolytic bacteria under different field conditions. *Eur J Plant Pathol* 120:373–382
35. Francisco Alejo-Iturvide, Maria Azucena Márquez-Lucio, Isaías Morales-Ramírez, Ma. Soledad Vázquez-Garcidueñas and Víctor Olalde-Portugal. (2008) Mycorrhizal protection of chili plants challenged by *Phytophthora capsici*. *Eur J Plant Pathol* 120:13–20
36. Ahmed Sid Ahmed, Consuelo Pérez Sánchez and Maria Emilia Candela (2000), Evaluation of induction of systemic resistance in pepper plants (*Capsicum annuum*) to *Phytophthora capsici* using *Trichoderma harzianum* and its relation with capsidiol accumulation. *European Journal of Plant Pathology* 106: 817–824.
37. N. A. M. Van Steekelenburg. (1980) *Phytophthora* root rot of sweet pepper. *European journal of plant pathology*, Volume 86, Number 5 (1980), 259-264.
38. Bo Liu, Marcia L. Gumpertz, Shuijin Hu, Jean Beagle Ristaino. (2008) Effect of prior tillage and soil fertility amendments on dispersal of *Phytophthora capsici* and infection of pepper. *Eur J Plant Pathol* 120:273–287
39. Leah L. Granke, Lina M. Quesada-Ocampo, Mary K. Hausbeck. (2012) Differences in virulence of *Phytophthora capsici* isolates from a worldwide collection on host fruits. *Eur J Plant Pathol* 132:281–296
40. Mike J. Jeger and Marco Pautasso. (2008) Comparative epidemiology of zoosporic plant pathogens. *Eur J Plant Pathol* 122:111–126
41. Junguang Xu, Xiaoming Zhao, Xiuwen Han and Yuguang Du. (2007) Antifungal activity of oligochitosan against *Phytophthora capsici* and other plant pathogenic fungi in vitro. *Pesticide Biochemistry and Physiology* 87 220–228
43. Lenntecht Desinfectiemiddelen Chloor, <http://www.lenntech.nl/processen/desinfectie/chemisch/desinfectie-middelen-natriumhypochloriet.htm>

44. Erwin, D. C., and Ribeiro, O. K. (1996). *Phytophthora Diseases Worldwide*. American Phytopathological Society, St. Paul, MN.
45. <https://ag.tennessee.edu/KurtLamour/Documents/Publications/2012%20Granke%20First%20Look%20version%20of%20Capsici%20Review%20Plant%20Disease.pdf>
46. N. Hyder, M.D. Coffey, and M.E. Stanghellini. (2009). Viability of oömyceete propagules following ingestion and excretion by fungus gnats, shore flies, and snails. *Plant Disease* 93:720-726.
47. S. Shashidhara. (2007) Studies on foot rot of black pepper caused by *Phytophthora capsici* Leonian, emend, Alizedeh and Tsao. Thesis submitted to the University of Agricultural Sciences, Dharwad.
48. M. J. Hord and J.B. Ristaino (1991). Effects of physical and chemical factors on the germination of oospores of *Phytophthora capsici* in vitro
49. Donald C. Erwin and Olaf K. Ribeiro (1996). *Phytophthora Diseases worldwide*
50. C. Sonneveld and W. Voogt (2009) *Plant Nutrition of Greenhouse Crops*
51. EXTension ENTOMology & UH-CTAHR Integrated Pest Management Program (2012) *Phytophthora capsici*. http://www.extento.hawaii.edu/kbase/crop/type/p_capsi.htm
52. R. van den Broek, A. Evenhuis et al. (2013) Ontsmetten van recirculatiewater in de aardbeienteelt; Literatuuronderzoek en testen met *Xanthomonas*.