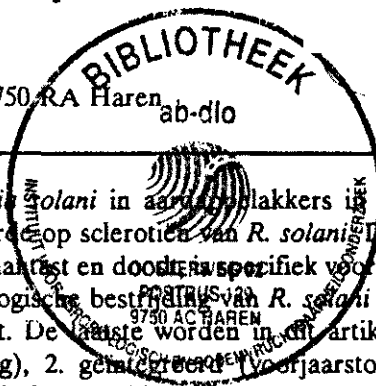


Rhizoctonia solani bij aardappel en het gebruik van de mycoparasiet *Verticillium biguttatum* als natuurlijke bestrijder

G. JAGER en H. VELVIS

Instituut voor Bodemvruchtbaarheid (IB-DLO), Postbus 30003, 9750 RA Haren



Onderzoek naar het voorkomen van antagonisten van *Rhizoctonia solani* in aardappelakkers in Noord-Nederland leverde een tot dan onbekende *Verticillium*-soort op die parasiteerde op sclerotia van *R. solani*. Deze mycoparasiet (*Verticillium biguttatum* W. Gams), die ook de hyfen van *R. solani* aantast en doodt, is specifiek voor *R. solani*. Het ligt voor de hand deze schimmel te beproeven als agens voor de biologische bestrijding van *R. solani* bij aardappel. Na geslaagde proeven in het laboratorium zijn veldproeven aangezet. De laatste worden in dit artikel besproken. De bestrijdingsmogelijkheden zijn: 1. biologisch (voorjaarstoepassing), 2. gecombineerd voorjaarstoepassing van een gecombineerde biologische en chemische bestrijding, en 3. biologisch gecombineerd met groenrooien. Vooral bij de laatste bestrijdingswijze komt *V. biguttatum* naar voren als een zeer bruikbaar agens dat uitstekende resultaten geeft.

Inleiding

Een sterke toename van een bodembewonende ziekteverwekkende schimmel kan op den duur leiden tot een versterkt antagonisme tegen het pathogeen. *Rhizoctonia solani*, die algemeen in onze akkers voorkomt kan zich sterk uitbreiden op de ondergrondse delen van de aardappelplant. Uit onderzoek (Jager *et al.*, 1979; Van den Boogert en Jager, 1983) is vast komen te staan dat de toename van *R. solani* meestal een andere bodembewonende schimmel, *Verticillium biguttatum*, oproept die een afname van *R. solani* in het aardappelgewas kan bewerkten. Bestudering van de wisselwerking tussen ziekteverwekker en antagonist biedt wellicht de mogelijkheid om tot biologische bestrijding van het pathogeen te komen. Het doel van het onderzoek was dan ook de mogelijkheden voor biologische bestrijding van *R. solani* bij aardappel met *V. biguttatum* te onderzoeken.

Alvorens de verschillende vormen van bestrijding van *R. solani* bij aardappel met behulp van *V. biguttatum* te behandelen, zullen beide schimmels kort worden besproken.

Rhizoctonia solani

Beschrijving

R. solani is een primitieve basidiomyceet, dat wil zeggen er wordt geen vruchtlichaam gevormd, maar het hymenium wordt aangelegd op de stengelbasis van de plant die *R. solani* ondergronds heeft gekoloniseerd (als pathogeen of saprofyt). De basidiosporen, gevormd op het hymenium, de schimmelmanchet op de stengelbasis, worden met de wind verspreid. Het zijn dunwandige, tamelijk fragiele

cellen. Daarvan gaat het overgrote deel te gronde en draagt nauwelijks bij aan de verspreiding van de soort. In dit basidiosporen-vormende stadium van de levenscyclus, het zogenaamde perfecte stadium, wordt de schimmel *Thanatephorus cucumeris* genoemd (Talbot, 1970). Meestal wordt de schimmel aangetroffen als steriel mycelium, het zogenaamde imperfecte stadium; deze vorm draagt de meer bekende naam *Rhizoctonia solani* (Parmeter en Whitney, 1970). De morfologie en cytologie van dit stadium is beschreven door Butler en Bracker (1970).

Anastomosegroepen

Binnen de 'verzamelsoort' *Rhizoctonia solani* komen groepen van individuen (isolaten) voor die met elkaar kunnen anastomoseren. Het vermogen tot anastomose duidt op een zekere mate van verwantschap binnen de anastomosegroep. Zo behoren alle isolaten van *R. solani* die pathogeen zijn voor de aardappel tot één anastomosegroep, namelijk anastomosegroep 3 (AG-3). Pathogeniteit voor een bepaald gewas of een kleine groep van gewassen is in een aantal gevallen gekoppeld aan een bepaalde AG-groep. Er worden inmiddels zestien AG-groepen onderscheiden, waardoor enige ordening binnen *R. solani* wordt bereikt (Schultz, 1936; Richter en Schneider, 1953; Ogoshi, 1987).

Pathogene en saprofytische typen van *Rhizoctonia solani*

Voor de aardappelplant is maar een deel van de in de grond voorkomende individuen van *R. solani* pathogeen. Deze pathogene individuen zijn verantwoordelijk voor directe schade aan de plant, voor oogstreductie en voor het ontstaan van kriel (kleine, meestal misvormde knol-

len). Dit overleeft zachte winters en geeft aardappelopslag in volgende gewassen. Dit 'onkruid' houdt ziekten en plagen in stand en is dus een bron van besmetting voor een volgend aardappelgewas. Niet alleen kriel, maar ook zeer dikke knollen, misvormde knollen en - zelden - bovengrondse stengelknollen zijn het resultaat van de activiteit van pathogene individuen van *R. solani*.

Saprophytische *R. solani* geeft geen aantasting van de aardappelplant. Evenals bij de pathogene typen worden vaak sclerotiën op de jonge knollen gevormd. Voor knollen bestemd voor consumptie of voor de zetmeelindustrie is dit niet van belang; voor pootgoed echter is de afzetting van lakschurft een schadepost. Lakschurft bestaat uit sclerotiën van pathogene en niet-pathogene stammen van *R. solani*. Het aandeel van de pathogenen hierin wordt bepaald door de teeltfrequentie. Saprophytische typen behoren meestal tot andere AG-groepen dan AG-3. Binnen AG-3 kunnen typen voorkomen die zich voordoen als saprophyten, maar die abrupt in een pathogene fase kunnen overgaan. Het omgekeerde doet zich ook voor. Door welke factor(en) de overgang naar een der fasen wordt bepaald is niet bekend.

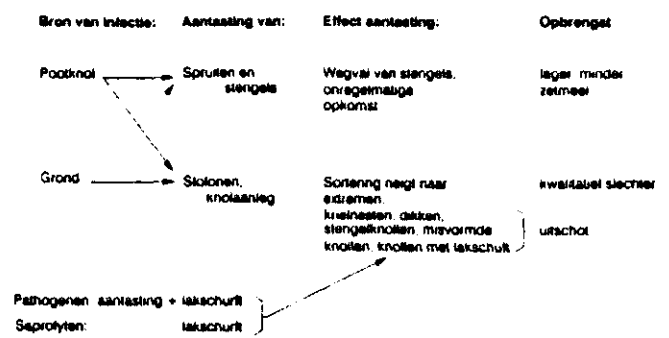
De bronnen van besmetting

De infectiebronnen voor het aardappelgewas met *R. solani* zijn de pootknol en de grond. De pootknol is door ontsmetting als bron van besmetting te elimineren. Aan de besmetting vanuit de grond was lange tijd niets anders te doen dan het toepassen van een zeer ruime vruchtwisseling. Dit doet het aandeel van de voor aardappel pathogene typen in de totale populatie meestal sterk dalen. Echter, zowel niet-pathogenen als pathogenen kunnen op de wortels van andere gewassen en onkruiden overleven (Daniels, 1963; Griesbach en Eisbein, 1975; Jager *et al.*, 1982).

Ter bestrijding van *R. solani* in de grond zijn nu specifieke anti-*Rhizoctonia* fungiciden beschikbaar: tolclofosmethyl (Rizolex) en pencycuron (Moncereen).

Schade

De vormen van schade door *R. solani* aan een aardappelgewas of een oogst aan pootgoed zijn weergegeven in Figuur 1. *R. solani* tast een aardappelgewas aan vanaf het poten tot en met het oogsten. Ook in de bewaring kan toename van schade optreden door vorming van nieuwe lakschurft (bijvoorbeeld in stortkegels).



Figuur 1. Schema van schade veroorzaakt door *R. solani* aan een aardappelgewas en aan een oogst aan pootgoed.

Overleving

R. solani overleeft vooral in de vorm van sclerotiën. Dit zijn ophopingen van monilioïde cellen, waarvan de wand is doortrokken met bruin-zwarte melaninen. Bij de aardappel worden de sclerotiën (lakschurft) voornamelijk gevormd op de knollen, maar ook - afhankelijk van het type *R. solani* - op stengels, stolonen en wortels. Via resten van deze plantdelen vormen zij een nieuw infectiepotentiaal in de grond. Van restjes wortelschors kunnen soms één of enkele cellen propvol zitten met monilioïde cellen (Fig. 2).

Deze kleine propagels leven niet lang; binnen twee jaar zijn ze meestal verdwenen. Sclerotiën voorkomend op de in de grond achterblijvende kriel zijn een ernstige bron van besmetting. Grote sclerotiën kunnen vele keren kiemen voordat ze uitgeput zijn. Sclerotiën zijn goed bestand tegen uitdrogen en bevriezen en kunnen onder goede condities wel 6-7 jaar in leven blijven. Zijn ze eenmaal geïnfecteerd door de mycoparasiet *V. biguttatum*, dan is hun levensduur zeer kort (Velvis *et al.*, 1989).

Tabel 1. Gemiddeld aantal *Rhizoctonia solani* propagels per 250 g veldvochtige grond in de lagen 0-30 en 30-60 cm in verschillende delen van het proefveld te Haren in mei 1990.

Experiment		I	II	III	IV
C	0-30	5,0 ¹⁾	5,0	0,3	1,3
	30-60	0,7	0,3	0	0,1
B	0-30	1,3	1,0	0,7	1,3
	30-60	0	0	0	0
A	0-30	1,0	0,7	0,7	1,7
	30-60	0	0	0	0

¹⁾ Gemiddelde aantallen uit drie monsters per veldje. De *Rhizoctonia* propagels bevatten de anastomose-groepen AG-3, AG-5 en AG-2-1.



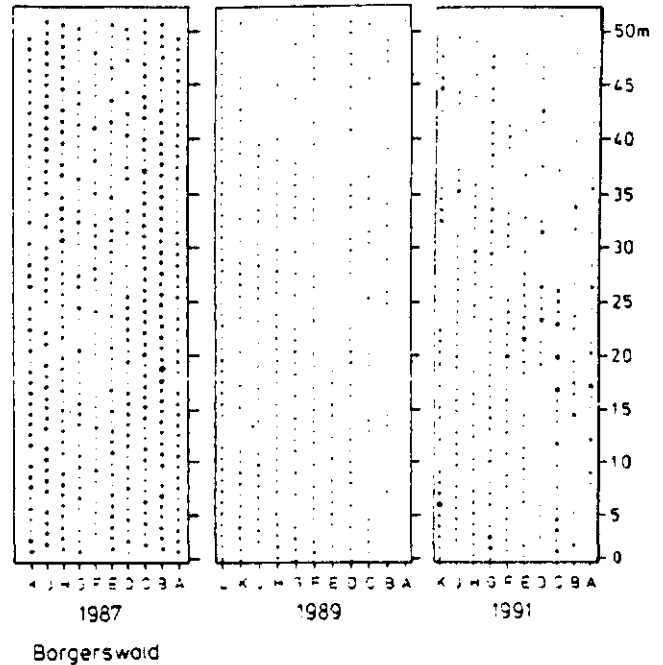
Figuur 2. Een klein propagel: een wortelrest waarvan enkele cellen van de schors zijn gevuld met monilioïde cellen van *R. solani* (x 2300).

Verdeling in de grond

Het merendeel van de propagels is aanwezig in de bouwvoor (0-30 cm). Daar beneden kan *R. solani* voorkomen tot diepten waartoe de aardappelwortels reiken (Tabel 1).

De verspreiding van het aantal planten met lakschurft is meestal onregelmatig, maar er bestaat de neiging tot de vorming van 'haarden'. Dit patroon van lakschurftverspreiding kan van keer tot keer sterk wisselend zijn. Na een teelt met veel lakschurft kan een teelt volgen die bijna vrij is. Enkele voorbeelden van verspreid voorkomen van planten met lakschurft zijn gegeven in Figuur 3 (zie ook: Jager en Velvis, 1989).

Antagonisten van *R. solani* zijn bodembewonende organismen die de levenskansen van *R. solani* beperken of teniet doen. Waar *R. solani* van nature wordt onderdrukt, zijn de meest efficiënte antagonisten aanwezig. Van Emden (1967) deed onderzoek aan een grond uit Noord-Groningen die deze *Rhizoctonia*-onderdrukkende eigenschappen had. Na opsporing van deze akker werden zijn bevindingen door ons bevestigd. Hierna is in Groningen,



Figuur 3. Verspreiding van planten met lakschurft over een deel van proefveld 18 op de proefboerderij Borgerswold in 1987, 1989 en 1991. Vergelijken met de homogene verspreiding van planten met lakschurft in 1987 zijn in de volgende jaren meer en grotere lakschurft-vrije plekken ontstaan. Het aantal planten zonder lakschurft bedroeg in 1987, 1989 en 1991 respectievelijk 6, 42 en 116. Het veld is ruim 50 m lang; 10 of 11 rijen (A-L) aardappelplanten werden onderzocht.

Friesland, Drenthe en de Noordoostpolder gezocht naar het voorkomen van *Rhizoctonia*-onderdrukkende plekken in aardappelakkers. Onderdrukkende plekken zijn gevonden op zandgronden en wel het meest opvallend als de plekken waren bepoet met op zandgrond geteelde, niet ontsmette poters (Jager en Velvis, 1980, 1983a, 1983b).

Het opsporen van antagonisten van *R. solani* verliep het meest succesvol door geïnfecteerd plantemateriaal uit te platen op agarplaten overgroeid met *R. solani* (*Rhizoctonia*-platen). Op deze platen groeien organismen die *R. solani* kunnen parasiteren (het isoleren van antagonisten die alleen een antibiotische activiteit vertonen heeft weinig zin, tenzij ze een specifieke binding met de aardappelplant hebben). De meest actieve antagonist, een schimmel, bleek algemeen voor te komen op de lichtzure zand- en dalgronden en, in mindere mate, op de neutrale mariene zavel (Jager en Velvis, 1983a). De schimmel was een parasiet van *R. solani*, een *Verticillium*-soort, die de naam *Verticillium biguttatum* kreeg (Gams en Van Zaayen, 1982). In laboratoriumproeven bleek de schimmel zeer effectief te zijn in het doden van sclerotiën. Verder

bleek de schimmel wanneer conidiën waren aangebracht op de spruiten van besmette pootknollen bescherming te bieden aan de spruiten tegen aantasting door *R. solani* (Velvis en Jager, 1983). Alle verkregen isolaten van parasitaire antagonisten zijn eerst getoetst in laboratoriumproeven. Bij goede resultaten volgde toetsing in veldproeven. *V. biguttatum* was veruit het meest effectief.

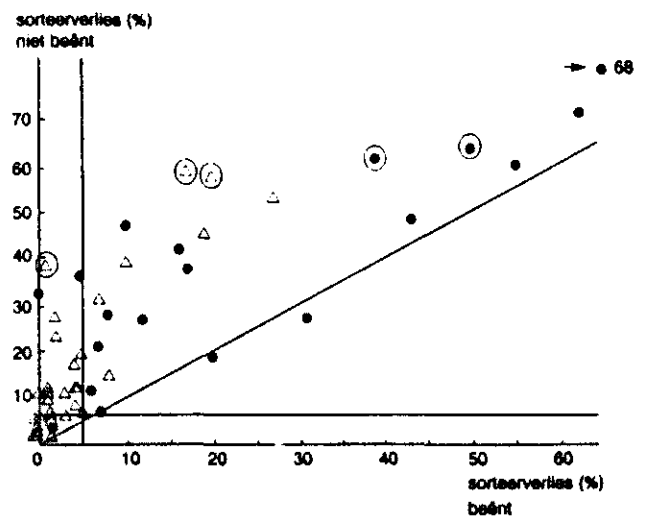
Verticillium biguttatum

Verticillium biguttatum kan omschreven worden als een oecologisch obligate parasiet van *R. solani* (Van den Boogert, 1989), dat wil zeggen in de grond gedraagt deze schimmel zich als een specifieke parasiet van *R. solani*, doch hij is ook in staat om op een eenvoudige voedingsbodem te groeien en hierop overvloedig te sporuleren. Een minder gunstige eigenschap is de vrij hoge minimum groeitemperatuur van 12 °C, wat betekent dat beneden 15 °C in het veld nauwelijks activiteit te verwachten is. Wil biologische bestrijding met *V. biguttatum* in het veld slagen, dan moet bij hogere bodemtemperatuur, dat wil zeggen later dan normaal, in begin mei gepoot worden. Een normale opbrengst kan dan nog verkregen worden als wordt uitgegaan van voorgekiemd pootgoed, bij voorkeur met in het licht afgeharde stevige spruiten. Voor biologische bestrijding van *R. solani* in het gewas met *V. biguttatum* is de aanwezigheid van spruiten een eerste vereiste (Van den Boogert, 1989). De spruiten worden beënt en met de groei van de spruiten worden de conidiën meegevoerd en verspreid over het oppervlak van de stengels, stolonen en wortels die uit de spruiten voorkomen. Het effect van beënting is gedurende het groeiseizoen meestal merkbaar aan een grotere hoeveelheid *V. biguttatum* op stolonstukjes (Jager en Velvis, 1985; Van den Boogert, 1989).

Bestrijding van *R. solani* in aardappel met *V. Biguttatum*

Biologische bestrijding

De beënting van de spruiten van voorgekiemde poters leidt in het algemeen tot een geringere aantasting, minder *R. solani* op de plant en tot lagere waarden van de lakschurft- of sclerotiumindex (si) of van het percentage sorteerverlies (sv) (Van den Boogert en Jager, 1984; Jager en Velvis, 1985, 1986). Het effect van biologische bestrijding van *R. solani* met *V. biguttatum* in onze veldproeven is samengevat in Figuur 4.



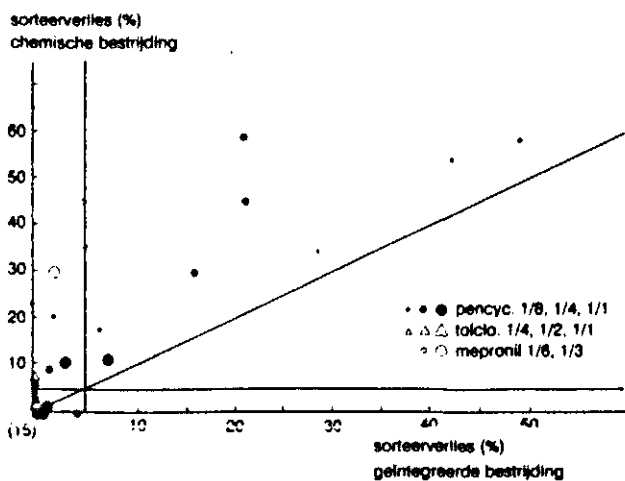
Figuur 4. Het percentage sorteerverlies (sv) van de oogst uit niet beënt pootgoed uitgezet tegen dat van beënt pootgoed (biologische bestrijding). · licht zure zand- en dalgronden, Δ neutrale mariene zavel, ○ licht tot matig besmet pootgoed.

Hierin is uitgezet het gemiddeld sorteerverlies van de oogst uit niet-beënt pootgoed tegen dat van beënt pootgoed. De poters waren afkomstig van niet ontsmet handelspootgoed van de kwaliteitsklasse A. Ieder punt geeft het gemiddelde weer van één proefveld. De punten - op drie na - liggen boven de lijn van gelijk effect, dat wil zeggen biologische bestrijding van *R. solani* met *V. biguttatum* tendeeert naar een lager sv als gevolg van een geringere afzetting van lakschurft.

Gesteld dat een sv van 5% nog aanvaardbaar is, dan neemt het percentage velden dat aan deze norm voldoet door biologische bestrijding toe van 24% (onbeënt) tot 54%. Op het grootste deel van de velden op zand- en dalgronden geeft biologische bestrijding een te geringe reductie van het sv, zodat slechts 3 van de 19 velden op deze gronden aan de norm voldoen. Op de mariene zavelen werden betere resultaten verkregen; hier voldeden 23 van de 30 velden aan de norm.

Geïntegreerde bestrijding

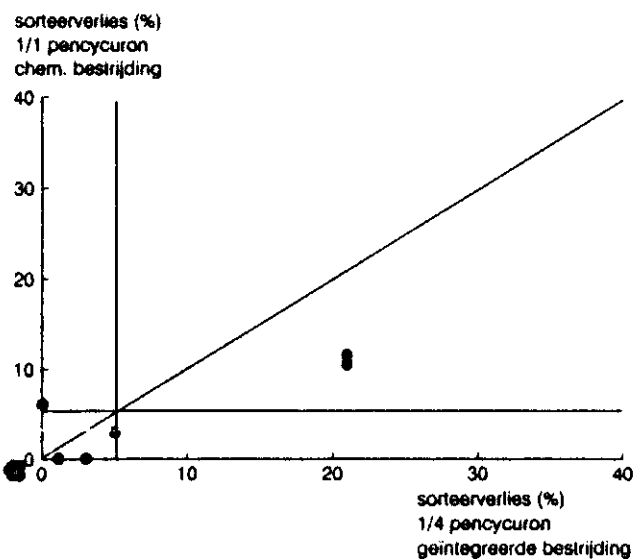
Het beschikbaar komen van tolclofos-methyl (Rizolex) en pencycuron (Moncereen) ter bestrijding van *R. solani* in de grond bood de mogelijkheid deze middelen in combinatie met een biologische bestrijding met *V. biguttatum* te beproeven. Deze middelen bleken in agarbodems de groei van *V. biguttatum* relatief sterker te remmen dan die van *R. solani*. In grond is de situatie evenwel geheel an-



Figuur 5. Het effect van chemische bestrijding met pencycuron (pencyc.), tolclofos-methyl (tolclo.) en mepronil versus dat van geïntegreerde bestrijding op het sorteerverlies.

ders. Hier groeit *V. biguttatum* uitsluitend ten koste van *R. solani*. De conidiën van *V. biguttatum* overleven de normale doses van de hier gebruikte middelen. Contact met *R. solani* betekent kieming, groei over korte afstand, penetratie van de celwand van *R. solani* en vervolgens groei in de hyfen van *R. solani*, waar *V. biguttatum* afgeschermd is van de concentratie van de middelen buiten de geparasiteerde hyfe. Gebleken is dat lage doses Moncereen, 1/2 en 1/10 pd (pd = praktijkdosis = 20 l ha⁻¹) in laboratoriumproeven geen negatief effect hebben, doch de hoeveelheid *V. biguttatum* op aardappelspruiten verhoogden. Dit kan alleen ten koste van *R. solani* zijn gegaan. Door de middelen Rizolex en Moncereen wordt *R. solani* beter aantastbaar voor *V. biguttatum* (Jager, 1987). Aantasting van aardappelspruiten was in dit experiment bij de combinatie, ook bij 1/10 pd, nog nauwelijks aanwezig. De combinatie lijkt voor het veld dus perspectief te bieden.

De integratie van biologische bestrijding met volvelds toegepaste chemische bestrijding met verlaagde doses van de fungiciden is in veldproeven getoetst in samenwerking met het H.L. Hilbrands Laboratorium voor Bodemziekten (HLB) in Assen en het Proefstation voor de Akkerbouw en de Groenteteelt in de Vollegrond (PAGV) in Lelystad. Geïntegreerde bestrijding leidt tot lagere sorteerverliezen, zoals blijkt uit Figuur 5. Houden we 5% sv aan als maximaal acceptabel, dan leverde de chemische bestrijding 20 velden op die aan de norm voldeden en de geïntegreerde bestrijding 29 velden. Meer dan 5% sv kwam



Figuur 6. Het effect van chemische bestrijding met een volle dosis pencycuron vergeleken met dat van een geïntegreerde bestrijding met 1/4 pencycuron. Het sorteerverlies dient als criterium.

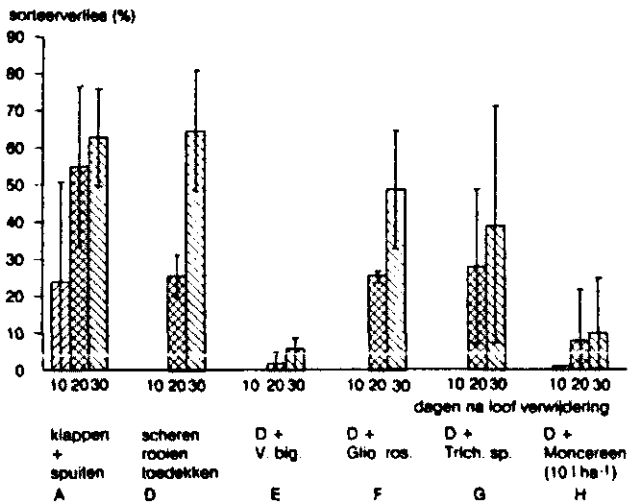
voor op zeven velden, alle gelegen op zand- en dalgronden. Ook op deze velden was het gemiddeld sv van de geïntegreerde bestrijding lager dan dat van de chemische bestrijding met dezelfde dosis fungicide (Jager *et al.*, 1991). Figuur 6 geeft het verband tussen het effect van de volle dosis Moncereen en dat van geïntegreerde bestrijding met 1/4 pd Moncereen. Er lijkt een gering verschil te zijn ten gunste van de chemische bestrijding met 1/1 pd Moncereen. Het aantal gegevens is evenwel te klein voor een verantwoorde conclusie.

Voordeel van geïntegreerde bestrijding is dat de hoeveelheid te gebruiken bestrijdingsmiddel flink kan worden vermindert (met minstens 50% op zand- en dalgronden en met 75% of meer op mariene zavel).

De chemische component in dit geïntegreerde systeem moet aan enkele voorwaarden voldoen om *R. solani* met succes gedurende lange tijd te bestrijden.

Verschillende middelen (drie of beter vier) die *R. solani* principieel verschillend beïnvloeden moeten worden afgewisseld ter voorkoming van tolerantie en resistentie. Een eventuele snelle microbiële afbraak kan wellicht voorkomen worden, als de chemische structuur weinig overeenkomst vertoont.

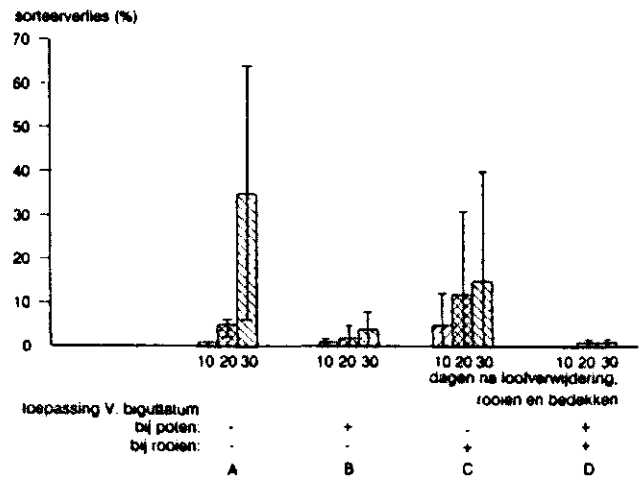
Bij geïntegreerde bestrijding kan in het voorjaar eerder worden gepoot dan bij puur biologische bestrijding. Als de bodemtemperatuur nog te laag is voor activiteit van *V. biguttatum* werkt het middel.



Figuur 7. Het sorteerverlies bij verschillende wijzen van oogsten van knollen verkregen 10, 20 en 30 dagen na loofvernietiging (A) of 10, 20 en 30 dagen na loofvernietiging, roeien, specifieke behandelingen en toedekken met grond (D t/m H). Bij E, F en G zijn de knollen (en plantdelen) besproeid met een sporesuspensie van *V. biguttatum* (E), *Gliocladium roseum* (F) en *Trichoderma* sp. (G). H is besproeid met pencycuron (Moncereen) (10 l per ha) (gegevens van het HLB).

Groenroelen

Experimenteel wordt een nieuwe wijze van roeien beproefd, waarbij knollen van een groen gewas omzichtig worden gerooid om beschadiging van de zeer kwetsbare schil te voorkomen. Knollen van een groen gewas hebben nauwelijks lakschurft. Om de schil te laten afharderen worden de knollen toegedekt met grond. Ze kunnen zo lange tijd op de akker blijven (Turkensteen *et al.*, 1989). Als de aanwezigheid van planteresten (stengels, stolonen en wortels) bij de knollen wordt vermeden neemt de lakschurft nauwelijks verder toe (Dijst, 1990). Bij mechanisch roeien is dit echter niet te vermijden. Besproeiing van geoogste knollen (en planteresten!) met een sporesuspensie van *V. biguttatum* houdt de hoeveelheid lakschurft op een zeer laag niveau (Mulder *et al.*, 1990). Nieuwvorming van lakschurft wordt tegengegaan en de aanwezige lakschurft wordt door *V. biguttatum* geïnfecteerd en gedurende het verblijf in de grond gedood. Bovendien zitten de nog zeer jonge sclerotiën tamelijk los op de schil en zijn na doding goed te verwijderen. Bij langere aanwezigheid op de knol blijkt een sclerotium zich in de schil te verankeren (Chand en Logan, 1984), en wordt het onmogelijk om sclerotiën die op een later tijdstip zijn gedood, te verwijderen (Jager en Velvis,



Figuur 8. Het sorteerverlies van de oogst uit wel en niet beënte poters, waarvan de oogst voor het toedekken met grond wel of niet is beënt met *V. biguttatum* (gegevens van het HLB).

1988) (knollen met lakschurft moeten dus direct na de oogst met een sporesuspensie van *V. biguttatum* worden behandeld om de oogst schoon te maken).

In Figuur 7 zijn verschillende wijzen van oogsten met elkaar vergeleken, waarbij het sv van de oogst als criterium is genomen. Bij de eerste behandeling (A) zijn de knollen gerooid 10, 20 en 30 dagen na loofverwijdering; bij de andere behandeling zijn de knollen direct na loofverwijdering gerooid, behandeld, toegedekt met grond en 10, 20 en 30 dagen nadien weer opgerooid. Figuur 7 laat zien dat de laagste waarden voor het sv werden verkregen bij behandeling E, waarbij de knollen voor het toedekken werden besproeid met sporen van *V. biguttatum*. Toepassing van twee andere antagonistische schimmels, namelijk *Gliocladium roseum* en *Trichoderma harzianum* gaven geen significant resultaat. De toepassing van Moncereen (1/2 pd) gaf geen beter resultaat dan de toepassing van *V. biguttatum*.

Figuur 8 toont de resultaten van een proef waarbij beënting met *V. biguttatum* al dan niet is toegepast bij het roeien en bij het groenroeien. Het sv geeft het effect van de behandelingen. Als *V. biguttatum* niet wordt toegepast heeft het sv een hoog gemiddelde als 30 dagen na het toedekken wordt geoogst. De spreiding rond dit gemiddelde was hoog. Bij de oogst verkregen 10 en 20 dagen na toedekken waren de sorteerverliezen laag. Als de poter werd beënt waren de sorteerverliezen in alle gevallen zeer klein. Het gebruik van de antagonist direct voor

het toedekken gaf een wat geringer effect. Rond beide gemiddelden lag een vrij grote spreiding, zodat beide waarden niet wezenlijk verschilden. Toepassing van *V. biguttatum* bij het poten en ook bij het groenrooien liet nog nauwelijks een sv over.

Het percentage levende lakschurft op de oogst was 23% als *V. biguttatum* niet werd gebruikt. Dit lage percentage wijst op de aanwezigheid van een vrij sterk antagonisme in deze grond. Van de lakschurft was 14% nog in leven als *V. biguttatum* bij het poten was gebruikt; na toepassing bij het groenrooien bleek geen lakschurft meer in leven te zijn. Toepassing bij het poten en bij het groenrooien liet nog 3% van wat op de knollen gevormd was in leven. Het effect van de beide laatste behandelingen was statistisch niet verschillend.

Slotbeschouwing

De biologische en vooral de geïntegreerde (chemische plus biologische) bestrijding geven voor de praktijk veelbelovende resultaten. De biologische bestrijding van *R. solani* in aardappel door beënting van de spruiten van poters met conidiën van *V. biguttatum* geeft op de zure zand- en dalgronden minder goede resultaten dan op de neutrale mariene zavel (Fig. 4). De werking van *V. biguttatum* lijkt in de meeste zand- en dalgronden meer of minder sterk belemmerd. In enkele gevallen werden echter wel goede resultaten verkregen.

De mariene zavel en de zand- en dalgronden verschillen aanzienlijk in Ph, wat tot uiting komt in een sterk verschillende microflora. In de zure gronden bestaat de microflora voor een groot deel uit schimmels, terwijl in de neutrale gronden de bacteriën overwegen. Sommige schimmels kunnen de conidiën van *V. biguttatum* tot kieming brengen (Van den Boogert *et al.*, 1990) zonder dat dit verder effect heeft. Gekiemde sporen die niet kunnen parasiteren sterven vrij snel, zodat deze 'loze kieming' leidt tot verlies van inoculum. Of dit verlies zodanig is dat het merkbaar bijdraagt tot reductie van het effect van bestrijding is niet nagegaan. Als het van belang is, is het effect groter op de zand- en dalgronden dan op de zavel.

Een tweede onderscheid is het grotere poriënformaat op de zand- en dalgronden. Dit biedt grotere protozoënruimte zich te verplaatsen en tot die grotere behoren conidiofage soorten die conidiën van *V. biguttatum* massaal kunnen consumeren.

Hiernaast kan in gronden nog parasitering van conidiën, waarschijnlijk door bacteriën, optreden. Onderzoek naar beide factoren is nog gaande.

Voor een biologische bestrijding met *V. biguttatum* bij het poten moeten de conidiën gedurende vier maanden actief blijven, wat tamelijk lang is.

Bij toepassing in het groenrooien behoeft het entmateriaal maar gedurende relatief korte tijd actief te blijven. De bodemtemperatuur is dan gunstig voor de groei en ook de relatieve vochtigheid van de bodemlucht voldoet aan de door *V. biguttatum* gestelde eisen (Jager en Velvis, 1988).

Groenrooien, beënting van knollen en planteresten met conidiën van *V. biguttatum* en toedekken met grond is een uitstekende methode om lakschurftvorming te voorkomen. Het meerwerk voor de teler wordt beloond met een betere kwaliteit en dus minder werk bij het sorteren. De periode waarin de knollen zijn toegedekt met grond kan zonder bezwaar langer zijn dan de 30 dagen die in de meeste proeven zijn aangehouden.

Omdat in de periode dat de knollen zijn toegedekt soms ook andere pathogenen bestreden moeten worden, is het nodig te beschikken over varianten van *V. biguttatum* die resistent zijn tegen de fungiciden waarmee de pathogenen (*Phytophthora infestans*, *Fusarium spp.* en zilverschurft) worden bestreden. Onderzoek hieromtrent is gaande.

Hoewel deze oogstmethode uitstekende resultaten geeft, blijft aantasting van het gewas, de vorming van kriel en misvormde knollen onveranderd mogelijk, zodat een voorjaarsbehandeling - biologisch of geïntegreerd - noodzakelijk kan zijn. Verder experimenteel werk zal hierover nog gegevens moeten leveren.

Aangezien bij alle door ons toegepaste bestrijdingswijzen de antagonist wordt aangebracht op de plantdelen die bescherming behoeven en niet in de grond wordt ingewerkt, is de hoeveelheid entmateriaal beperkt. De nadelen van biologische bestrijding van bodempathogenen, zoals die door Adams (1990) worden opgesomd, nl. de grote hoeveelheden entmateriaal en de vaak moeilijke verwerving hiervan, gelden niet voor *V. biguttatum*.

Een adequate produktiemethode die entmateriaal op ieder gewenst tijdstip in een gemakkelijk handteerbare vorm levert moet nog ontwikkeld worden.

Literatuur

- Adams, P.B., 1990. The potential of mycoparasites for biological control of plant diseases. *Annual Review of Phytopathology* 28 59-72.
- Boogert, P.H.J.F. van den, 1989. Colonization of roots and stolons of potato by the mycoparasitic fungus *Verticillium biguttatum*. *Soil Biology and Biochemistry* 21 255-262.
- Boogert, P.H.J.F. van den & Jager, G., 1983. Accumulation of hyperparasites of *Rhizoctonia solani* by addition of live mycelium of *R. solani* to soil. *Netherlands Journal of Plant Pathology* 89 223-228.
- Boogert, P.H.J.F. van den & Jager, G., 1984. Biological control of *Rhizoctonia solani* in potatoes by antagonists. 3. Inoculation of seed potatoes with different fungi. *Netherlands Journal of Plant Pathology* 90 117-126.
- Boogert, P.H.J.F. van den, Jager, G. & Velvis, H., 1990. *Verticillium biguttatum*, an important mycoparasite for the control of *Rhizoctonia solani* in potato. In: D. Hornby (Ed.), *Biological Control of Soil-borne Plant Pathogens*. CAB International, Wallingford (UK), pp. 77-91.
- Butler, E.E. & Bracker, C., 1970. Morphology and cytology of *Rhizoctonia solani*. In: J.R. Parmeter Jr. (Ed.), *Rhizoctonia solani*, Biology and Pathology. University of California Press, Berkeley, Los Angeles and London, pp. 32-51.
- Chand, T. & Logan, C., 1984. Post-harvest development of *Rhizoctonia solani* and its penetration of potato tubers in Northern Ireland. *Transactions of the British mycological Society* 82 615-619.
- Daniels, J., 1963. Saprophytic and parasitic activities of some isolates of *Corticium solani*. *Transactions of the British mycological Society* 46 485-502.
- Dijst, G., 1990. Effect of volatile and unstable exudates of underground potato plant parts on sclerotium formation by *Rhizoctonia solani* AG-3 before and after haulm destruction. *Netherlands Journal of Plant Pathology* 96 155-170.
- Emden, J.H. van, 1967. Beschouwingen over pathogene bodemschimmels. *Mededelingen van de Directeur Tuinbouw* 30 248-256.
- Gams, W. & Zaayen, A. van, 1982. Contribution to the taxonomy and pathogenicity of fungiculous *Verticillium* species. I. Taxonomy. *Netherlands Journal of Plant Pathology* 88 57-78.
- Griesbach, E. & Eisbein, K., 1975. Die Bedeutung von Unkräutern für die Übertragung von *Rhizoctonia solani* Kühn. III. Der Einfluss der Unkräuter auf den Befall der Kartoffeln. *Zentralblatt für Bakteriologie und Parasitenkunde, Abt. 2* 130 745-760.
- Jager, G., 1987. Het effect van enkele in de aardappelteelt tegen bodemorganismen gebruikte gewasbeschermingsmiddelen op de groei van *Rhizoctonia solani* en drie van zijn antagonisten. *Inst. Bodemvruchtbaarheid, Rapp. 7-87*, 22 pp.
- Jager, G. & Velvis, H., 1980. Onderzoek naar het voorkomen van *Rhizoctonia*-werende aardappelpercelen in Noord-Nederland. *Inst. Bodemvruchtbaarheid, Rapp. I.B. 1-80*, 62 pp.
- Jager, G. & Velvis, H., 1983a. Suppression of *Rhizoctonia solani* in potato fields. 1. Occurrence. *Netherlands Journal of Plant Pathology* 89 21-29.
- Jager, G. & Velvis, H., 1983b. Suppression of *Rhizoctonia solani* in potato fields. 2. Effect of origin and degree of infection with *Rhizoctonia solani* of seed potatoes on the subsequent infestation and formation of sclerotia. *Netherlands Journal of Plant Pathology* 89 141-152.
- Jager, G. & Velvis, H., 1985. Biological control of *Rhizoctonia solani* on potatoes by antagonists. 4. Inoculation of seed tubers with *Verticillium biguttatum* and other antagonists in field experiments. *Netherlands Journal of Plant Pathology* 91 49-63.
- Jager, G. & Velvis, H., 1986. Biological control of *Rhizoctonia solani* on potatoes by antagonists. 5. The effectiveness of three isolates of *Verticillium biguttatum* as inoculum for seed tubers and of a soil treatment with a low dosage of pencycuron. *Netherlands Journal of Plant Pathology* 92 231-238.
- Jager, G. & Velvis, H., 1988. Inactivation of sclerotia of *Rhizoctonia solani* on potato tubers by *Verticillium biguttatum*, a soil-borne mycoparasite. *Netherlands Journal of Plant Pathology* 94 225-231.
- Jager, G. & Velvis, H., 1989. Dynamics of damage from *Rhizoctonia solani* in potato fields. In: J. Vos, C.D. van Loon, and G.J. Bollen (Eds.), *Effects of Crop Rotation on Potato Production in the Temperate Zones*. Kluwer Academic Press, Dordrecht, pp. 237-246.
- Jager, G., Hoopen, A. ten & Velvis, H., 1979. Hyperparasites of *Rhizoctonia solani* in Dutch potato fields. *Netherlands Journal of Plant Pathology* 85 253-268.
- Jager, G., Hekman, W.E. & Deenen, A., 1982. The occurrence of *Rhizoctonia solani* on subterranean parts of wild plants in potato fields. *Netherlands Journal of Plant Pathology* 88 155-161.
- Jager, G., Velvis, H., Lamers, J.G., Mulder, A. & Roosjen, J., 1991. Biological, chemical and integrated control of *Rhizoctonia solani* in potato. In: B. Schippers, A. Tempel, A.B.R. Beemstra, G.J. Bollen and M. Gerlagh (Eds.), *Biological Interactions and Soil-borne diseases*. Elsevier, Amsterdam, pp. 187-193.
- Mulder, A., Bouman, A., Turkensteen, L.J. & Jager, G., 1990. A green-crop-harvesting method; effects and possibilities of biological and chemical control of black scurf caused by *Rhizoctonia solani*. Abstracts of the 11th Triennial Conference of the EAPR, Edinburgh, pp. 101-102.
- Ogoshi, A., 1987. Ecology and pathogenicity of anastomosis and intraspecific groups of *Rhizoctonia solani* Kühn. *Annual Review of Phytopathology* 25 125-143.
- Parmeter, J.R. & Whitney, H.S., 1970. Taxonomy and nomenclature of the imperfect state. In: J.R. Parmeter Jr. (Ed.), *Rhizoctonia solani*, Biology and Pathology. University of California Press, Berkeley, Los Angeles and London, pp. 7-19.
- Richter, H. & Schneider, R., 1953. Untersuchungen zur

- Richter, H. & Schneider, R., 1953. Untersuchungen zur morphologischen und biologischen Differentzierung von *Rhizoctonia solani* K. Pathologische Zeitschrift 20 167-226.
- Schultz, H., 1936. Vergleichende Untersuchungen zur Ökologie, Morphologie und Systematik des 'Vermehrungspilzes'. Arbeiten der Biologischen Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft 22 1-141.
- Talbot, P.H.B., 1970. Taxonomy and nomenclature of the perfect state. In: R.J. Parmeter Jr. (Ed), *Rhizoctonia solani*, Biology and Pathology. University of California Press, Berkeley, Los Angeles and London, pp. 20-31.
- Turkensteen, L.J., Bouman, A. & Mulder, A., 1989. Groenrooien en weer toedekken. Dossier Gewasbescherming 5 13-17.
- Velvis, H. & Jager, G., 1983. Biological control of *Rhizoctonia solani* on potatoes by antagonists. 1. Preliminary experiments with *Verticillium biguttatum*, a sclerotium inhabiting fungus. Netherlands Journal of Plant Pathology 89 113-123.
- Velvis, H., Boogert, van den P.H.J.F. & Jager, G., 1989. Role of antagonism in the decline of *Rhizoctonia solani* inoculum in soil. Soil Biology and Biochemistry 21, 125-129.