

Literatuuronderzoek biologische bestrijding zilverschurft

C. B. Bus, D. Bos & A. Veerman

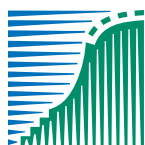
© 2006 Wageningen, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden veeleelvoudigd, 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.

Dit Projectrapport is een vertrouwelijk document en geeft de resultaten weer van het onderzoek dat het Praktijkonderzoek Plant & Omgeving heeft uitgevoerd in opdracht van:

LNV in het kader van Programma BO-04-003 Biologisch uitgangsmateriaal.



**landbouw, natuur en
voedselkwaliteit**

Projectnummer: 510523

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

PPO-AGV

Adres : Edelhertweg 1, 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

SAMENVATTING.....	5
1 INLEIDING	7
2 ZILVERSCHURFT	9
2.1 Morfologie.....	9
2.2 Ecologie	9
2.3 Fysiologie.....	10
2.4 Schade	10
3 NATUURLIJKE MIDDELEN (SAMENVATTING NOTA 67).....	13
4 MIDDELEN RECENTE LITERATUUR	15
4.1 Stoffen met fungicide of fungistatische werking.....	15
4.1.1 Gassen en oxiderende stoffen.....	15
4.1.2 Zouten	15
4.1.3 Organische zuren.....	16
4.1.4 Oliën e.d.	16
4.2 Antagonisten	17
4.3 Behandeling met warmte	18
4.3.1 Water.....	18
4.3.2 Straling	18
4.3.3 Stoom	19
4.4 Bemesting.....	19
5 EVALUATIE	21
LITERATUUR.....	23

Samenvatting

Zilverfurf is een ziekte die veroorzaakt wordt door een schimmel, *Helminthosporium solani*. Deze ziekte veroorzaakt vaak ernstige cosmetische problemen op de schil van gedurende langere tijd (na januari) bewaarde aardappelknollen. In de gangbare aardappelteelt zijn er naast een goede bewaartechniek (koel en droog) fungiciden beschikbaar die zilverfurfproblemen tegen kunnen gaan.

In de biologische aardappelteelt is zilverfurf ook een belangrijk probleem. Er zijn, naast een goede bewaartechniek, geen methoden of antagonisten beschikbaar om hier wat tegen te doen. Hier is grote behoefte aan. Daarom dient dit verder te worden onderzocht. Hieraan voorafgaand is een literatuuronderzoek uitgevoerd naar mogelijke middelen met een potentiële werking tegen zilverfurf, middelen die bij voorkeur voldoen aan de criteria van de huidige biologische teelt.

In dit literatuuroverzicht worden de volgende middelen en toepassingstechnieken besproken:

- Het vernevelen van oxiderende verbindingen zoals chloordioxide en waterstofperoxide
- Het dompelen van aardappelen in oplossingen van verschillende zouten en zuren en in warm water
- De damp van etherische oliën
- Antagonistische micro-organismen die in de bodem voorkomen
- Stralingswarmte en stoom en
- (Mest)stoffen die in de grond voorkomen

Middelen die hierbij als eerste in aanmerking komen voor verder onderzoek, in verband met kans op relatief snel resultaat, zijn: Het vernevelen van organische zouten en zuren bij het inschuren en het regelmatig tijdens de bewaarperiode toedienen van etherische oliën zoals tijmolie, karwijolie en knoflookolie.

Daarnaast biedt ook stoom mogelijkheden, als dit technisch voldoende te regelen is.

Op langere termijn kunnen ook antagonistische micro-organismen perspectiefvol zijn, hierbij is echter nog veel ontwikkelingswerk nodig.

1 Inleiding

Zilverschurft is een knolziekte die zich in haar verschijningsvorm vooral tijdens de bewaring openbaart en ontwikkelt. De aantasting veroorzaakt zilvergrijze vlekken op de schil, die later vaak in bruin overgaan. De schil wordt op de aangetaste vlekken vochtdoorlatend. Daardoor verliest de knol gemakkelijk vocht en kan verschrompelen. Als gevolg van het extra vochtverlies vermindert de vitaliteit van het pootgoed. Door de vlekken, het uitdrogen en de verminderde vitaliteit vormt zilverschurft een ernstig cosmetisch en kwaliteitsprobleem in zowel poot- als consumptieaardappelen. Via het pootgoed, de moederknol, worden de nieuwe knollen in de grond besmet. Daarom moet zilverschurft op pootgoed voorkomen worden. In de (biologische) pootgoedsector is op dit moment geen effectieve methode voorhanden om de infectie van de moeder- naar de dochterknollen te voorkomen of te beperken. Om de besmettingpotentie van de moederknollen te reduceren moet de schimmel ofwel tijdens de bewaring worden bestreden, ofwel moet sporenvorming na het poten worden voorkomen ofwel moet de vitaliteit van de sporen op de moederknol in de grond worden uitgeschakeld.

Het is niet duidelijk hoe dit moet gebeuren. Daarom moeten alternatieve manieren, middelen en antagonisten worden geïdentificeerd en beproefd op werking tegen zilverschurft op aardappelpootgoed en om de overdracht van moeder- naar dochterknollen tegen te gaan.

Voordat tot proefnemingen wordt overgegaan wordt eerst een literatuuronderzoek uitgevoerd naar mogelijke middelen met potentiële werking tegen zilverschurft of de sporen(vorming) daarvan. Dit dienen dan middelen te zijn die (bij voorkeur) voldoen aan de criteria voor de huidige biologische teelt.

Dit rapport beschrijft dit literatuuronderzoek.

Uitgangspunten bij dit literatuuronderzoek

Er zijn recent twee overzichtsrapporten verschenen; één over zilverschurft en de beheersing en bestrijding van deze ziekte (Veerman, 2001) en één over natuurlijke middelen voor ontsmetting van biologisch zaad (Van der Wolf, 2004). Deze rapporten zijn als uitgangspunt genomen omdat ze het bovenstaande gezamenlijk grotendeels beschrijven. Daarom hoefde voor dit literatuuronderzoek alleen te worden gezocht naar de meest recent gepubliceerde artikelen.

Dit gebeurde met de trefwoorden: "helminthosporium-solani", "silver scurf", en "potato". Er werd gezocht in Agricola 1998- 2^e kwartaal 2005, Biological Abstracts 1969- 2^e kwartaal 2005, CAB-abstracts vanaf 2000- 1^e kwartaal 2005, Current contents 3^e kwartaal 2000- week 30 2005 en in de Nederlandstalige tijdschriften (Artik) vanaf 2000.

Het kan zijn dat er in dit rapport ook beheersings- of bestrijdingsmethoden ter sprake komen die op dit moment niet voldoen aan de criteria voor de biologische teelt, maar dat is om te voorkomen dat potentiële mogelijkheden op voorhand uitgesloten worden.

Eerst worden in hoofdstuk 2 enkele algemene aspecten van zilverschurft herhaald die ook in het rapport van Veerman (2001) zijn genoemd en wordt in hoofdstuk 3 de samenvatting over natuurlijke stoffen aangehaald van Van der Wolf (2004) en worden in de middelen met de hoogste potentie voor de biologische teelt opgesomd. In hoofdstuk 4 worden de mogelijke middelen, antagonisten en technieken besproken die in recente literatuur worden genoemd om zilverschurft tegen te gaan en in hoofdstuk 5 wordt het geheel geëvalueerd.

2 Zilverschorfft¹

2.1 Morfologie

Na kieming van een spore op het knoloppervlak kan infectie zowel via de lenticellen als direct door de schil plaatsvinden (Burke, 1938). Na een geslaagde infectie doorgroeit de schimmel de buitenste cellagen van de knolschil. Vanuit het punt van de infectie doorgroeit de schimmel het schilweefsel (periderm) in alle richtingen waardoor vrijwel ronde laesies ontstaan. Deze laesies krijgen na verloop van enige tijd een zilverachtig uiterlijk doordat lucht ingesloten raakt waar het weefsel in het periderm door de schimmelaantasting te gronde gaat (Heiny & McIntyre, 1983). Bij roodschillige rassen gaat op de aangetaste plaatsen de rode schilkleur vrijwel geheel verloren (Burke, 1938). In en op de buitenste cellagen worden appressoria (ook wel stromata genoemd) gevormd. Dit zijn de bases waarop zich sporendragers (conidiophoren) ontwikkelen die boven het knoloppervlak uitsteken. Aan deze dragers worden de sporen (conidiën) gevormd (Heiny & McIntyre, 1983) het eerst aan de top van de sporendrager (Hunger & McIntyre, 1979). Op het oppervlak waar de schimmel eenmaal heeft gesporuleerd raakt het weefsel min of meer “opgebruikt” en op dit oppervlak vindt later geen of weinig sporulatie meer plaats. De meest uitbundige sporulatie kan dan ook meestal worden aangetroffen aan de randen van de laesies waar de schimmel “vers” weefsel ter beschikking heeft en waar de zilverachtige glans zich nog niet heeft ontwikkeld (Mooij, 1968). Voor meer gedetailleerde beschrijvingen van de schimmel wordt verwezen naar Burke (1938) en Heiny & McIntyre (1983).

2.2 Ecologie

Zilverschorfft is een sterk gespecialiseerde schimmel. Zij wordt aangetroffen op aardappelknollen, maar niet op andere delen van de aardappelplant (Burke, 1938; Schultz, 1916). Merida & Loria (1994) melden dat zilverschorfft *in vitro* saprofytisch kan overleven op diverse gewassen en kan sporuleren op verouderende bladeren van luzerne haver, maïs en tarwe, maar de schimmel groeide niet op aardappelbladeren. Bains et al. (1996) slaagden er niet in om op 31 soorten onkruiden en cultuurgewassen (waaronder de meeste door Merida & Loria (1994) beproefde) zilverschorfftinfecties tot stand te brengen.

Zilverschorfft wordt over het algemeen aangeduid als een knolgebonden ziekte (Jeger et al, 1996) waarmee wordt bedoeld dat het pootgoed de voornaamste besmettingsbron voor de nateelt is en niet besmetting vanuit de bodem (Dashwood et al., 1992; Hide, 1978; Hide & Read, 1991; Jellis & Taylor, 1977; Mooij, 1968; Santerre, 1966, 1967, 1969).

Firman & Allen (1995b) melden dat van sporen die aan grond werden toegevoegd, na 10 weken minder dan 1 % nog levend was. Onder laboratoriumcondities kon de schimmel op grond en hout resp. 9 en 6 maanden overleven (Frazier et al., 1998). Merida & Loria (1994) melden infectie van de nateelt in een 1 op 1 teelt bij gebruik van pootgoed uit snelle vermeerdering. Resultaten bij een langer interval worden niet vermeld. Bains et al. (1996) melden echter ook tot in 1 op 4 rotatie besmetting vanuit de grond. De vele andere meldingen dat dit niet zo is, roepen echter de vraag op of er bij deze laatste auteurs wellicht (kruis)besmetting heeft plaatsgevonden, vooral daar zij ook infectie melden op grond waar nog nooit aardappelen werden verbouwd. Tot op heden zijn er geen publicaties verschenen die bevestigen dat het overleven op onkruiden en andere gewassen of resten daarvan een rol van betekenis speelt en van zilverschorfft (in een mate van betekenis) een rotatiegebonden ziekte zouden maken. Ook de vaak sterke reductie van de besmetting van de nateelt door het pootgoed met werkzame fungiciden te behandelen duidt op een relatief grote rol van het pootgoed ten opzichte van de bodem.

De overdracht van de ziekte van moeder- naar dochterknollen vindt plaats door passief transport van sporen. De dochterknollen die tegen of dicht bij de moederknol worden aangelegd worden het eerst aangetast (Jellis & Taylor, 1977). Van Loon (pers. mededeling) vond dat knollen onder in de rug (dus ook

¹ Veerman, A., 2001. Literatuuronderzoek zilverschorfft, Projectrapport PPO, no. (11)54.3.88, p. 9-11.

dichter bij de moederknol) vaker waren aangetast dan knollen boven in de rug. Naast de knolgebondenheid wordt zilverschurft bestempeld als een “bewaarziekte”, waarmee wordt aangeduid dat tijdens de bewaarperiode een sterke uitbreiding van de ziekte kan plaatsvinden, zowel van het percentage knollen als van het percentage aangetast oppervlak (Jellis & Taylor, 1977; Lennard, 1980; Mooij, 1968). Een andere reden om zilverschurft aan te merken als bewaarziekte is het feit dat er in bewaarplaatsen een “1 op 1 teelt” van aardappelen plaatsvindt. Frazier et al. (1998) toonden aan dat sporen in grondresten en op bouwmaterialen lang genoeg overleven om de tijdsduur tussen het ruimen van de bewaarplaats en het inschuren van de nieuwe oogst te overbruggen. In het geval dat (vrijwel) onaangestaste aardappelen worden ingeschuurd kunnen achtergebleven sporen – die gemakkelijk met ventilatielucht verspreid kunnen worden (Rodriguez et al, 1996) – zorgen voor (een bijdrage aan) infectie van de partij.

2.3 Fysiologie

De optimale temperatuur voor groei van de schimmel is volgens Burke (1938) 24 °C, met weinig verschil met 21 en 27 °C. Bij drie graden werd *in vitro* geen groei waargenomen, de bovengrens lag iets boven de 33 °C. Dezelfde auteur vond op aardappelmonsters bij 3 graden in 42 dagen tijd geen laesiegroei en ook geen nieuwe laesies. Bij 6 graden vond hij groei van laesies en bij 9 graden ook nieuwe infecties. Bij de optimumtemperatuur (optimum 20-25 °C) en hoge luchtvochtigheid (>90 %) breidt de ziekte zich snel uit (Burke, 1938). De sporenvorming kan de laesies of een deel ervan een donkere kleur geven (Mooij, 1968; Hunger & McIntyre, 1979). De hoge luchtvochtigheid is een voorwaarde voor sporenproductie, bij lagere temperatuur dan het optimum verloopt de productie trager. Volgens Hunger & McIntyre waren de eerste sporen bij 20-25 °C en >90 % RV na ongeveer 20 uur gevormd. Recent Schots onderzoek – nog niet gepubliceerd – geeft echter aan dat deze tijd ook veel korter kan zijn wanneer vrij vocht aanwezig is: 1, 2 en 3 uur bij resp. 15, 10 en 5 °C.

Volgens Burke (1938) kiemen de sporen onder gunstige omstandigheden binnen 24 uur en zijn na nog eens 24 uur binnengedrongen. Het duurt vervolgens volgens deze auteur minimaal 16 dagen voordat een nieuwe infectie zichtbaar is geworden. Dit laatste stemt overeen met Nederlandse (praktijk)waarnemingen.

De sporen van zilverschurft kunnen kiemen en infecteren bij hoge luchtvochtigheid (>90 %), maar doen dat nog veel makkelijker bij de aanwezigheid van vrij water op de knolschil (Burke, 1938; Frazier et al., 1998, Hide & Boorer, 1991). Eerder genoemd ongepubliceerd Schots onderzoek gaf aan dat bij een temperatuur van 5 tot 15 graden en aanwezigheid van vrij vocht infectie plaatsvond in 2 tot 6 uur tijd en de vorming van een laesie (vestiging van de schimmel) in 2 tot 4 uur. Meer nog dan bij hoge luchtvochtigheid kan de schimmel zijn cyclus bij aanwezigheid van vrij vocht dus zeer snel doorlopen.

2.4 Schade

De aantasting van het uiterlijk is voor alle bestemmingen schadelijk, omdat afnemers en eindgebruikers haar ontsierend vinden.

De schade beperkt zich echter niet tot het uiterlijk. Het vochtverlies van de knollen neemt toe naarmate ze zwaarder zijn aangetast, doordat door het beschadigde periderm veel meer verdamping plaatsvindt dan door gezond schilweefsel (Lennard, 1980; Mooij, 1968). De knollen kunnen hierdoor verschrompelen (Mooij, 1968), maar ook kan het vochtverlies bijdragen aan een verminderde vitaliteit van pootgoed (El Immane Collet et al; 1995; Read & Hide, 1984; Wustman & Sinke; 1990) en aan een toenemende blauwgevoeligheid (Meijers, 1964).

Vlekken veroorzaakt door zilverschurft kunnen worden verward met die door zwarte spikkel (*Colletotrichum coccodes*) worden veroorzaakt (Mooij, 1968). Net als zilverschurft groeit deze schimmel in de buitenste cellagen van de schil en ook deze veroorzaakt een verhoogd vochtverlies. Vaak zijn de vlekken wat bruiner of meer bronskleurig dan die van zilverschurft. Als zich op vlekken zwarte spikkel microsclerotien ontwikkelen is het onderscheid niet moeilijk. De microsclerotien van zwarte spikkel zijn groter en glanzender dan de appressoria van zilverschurft en zijn met het blote oog te onderscheiden. Ze staan bovendien min of meer regelmatig op wat grotere onderlinge afstand dan de appressoria van zilverschurft. Niet altijd zijn er op aantastingen van zwarte spikkel microsclerotien aanwezig. In dat geval kan de (stereo)microscop

uitkomst bieden. Wanneer er sprake is van zilverschurft dan zijn altijd appressoria en (restanten van) sporendragers te vinden. In het geval van twijfel kan de knol bij ± 20 graden en hoge luchtvochtigheid in het donker worden gelegd. In het geval van zilverschurft zullen zich vooral aan de rand van de laesies de kenmerkende sporendragers en sporen ontwikkelen.

3 Natuurlijke middelen (Samenvatting Nota 67)

Van der Wolf (2004) zegt over natuurlijke middelen voor ontsmetting van biologisch zaad onder andere het volgende: "Van de middelen die zowel in Bijlage IIB van de EEG verordening 2092 / 91, als in de 'Regeling Uitzondering Bestrijdingsmiddelenwet' staan, lijken de etherische oliën het meest interessant voor zaadontsmetting. Ze zijn breedwerkend tegen bacteriën en schimmels, weinig persistent en het gevaar voor resistentieontwikkeling is gering. Met etherische oliën kan het zaad in principe snel en effectief ontsmet worden. Potentiële nadelen van sommige van deze oliën zijn fytotoxische effecten en een lage oplosbaarheid in water. Hieraan kan worden toegevoegd dat er diverse aspecten zijn waarop de toepassing moeten worden uitontwikkeld en geoptimaliseerd voor pootaardappelen. De ervaring met Talent (carvon) heeft geleerd dat de middelen potentieel de wondheling kunnen hinderen en mede daardoor de ontwikkeling van sommige ziekten kunnen bevorderen. Verder maakt de vluchtigheid specifieke toepassingstechnologie en –strategie noodzakelijk, met name als duurwerking nodig is.

Toevoeging van natuurlijke hulpstoffen, zoals detergentia, emulgatoren en chelatoren, kan de oplosbaarheid en effectiviteit van deze oliën verbeteren. Echter dit verandert de wijze van formulering, waardoor de producten niet meer vallen onder de in de 'Regeling Uitzondering Bestrijdingsmiddelenwet' vermelde toepassing, en daarmee wettelijk nog niet zijn toegestaan. Verder zou toepassing in dampvorm interessant kunnen zijn, om dat hierna de zaden niet meer teruggedroogd hoeven te worden. Ook dit is onder de 'Regeling Uitzondering Bestrijdingsmiddelen' nog niet toegestaan, maar bij behandeling van zaden in een afgesloten ruimte, waarbij de toepasser niet in aanraking komt met het middel, lijkt een eenvoudige toelatingsprocedure waarschijnlijk".

Over (nog) niet geaccepteerde natuurlijke middelen zegt Van der Wolf (2004) "Voor de korte en middellange termijn wordt het gebruik van organische zuren kansrijk geacht voor zaadontsmetting. Deze staan in Bijlage II van EEG verordening 2092 / 91 al vermeld voor gebruik als conserveermiddel en als additief in diervoeders. Organische zuren, zoals mierenzuur, azijnzuur, melkzuur en propionzuur, zijn met name effectief tegen bacteriën. Het werkingsmechanisme is vooral gebaseerd op verlaging van de pH, maar de anionen hebben ook een direct effect op het metabolisme van het micro-organisme. Organische zuren zijn goed in water oplosbaar, weinig persistent en goedkoop. Voor de (vee)voedingssector worden er al verschillende commerciële producten geleverd. Een mogelijk nadeel van het gebruik van deze zuren is schade aan het zaazaad.

Ook zijn melkproducten mogelijk aanvaardbaar. Deze worden genoemd in Bijlage II (Van der Wolf, 2004) bij de meststoffen (Verordening 2092/91), maar hebben ook een antimicrobiële werking. Melkeiwitten stimuleren de groei van specifieke bacteriën, waardoor de zuurstofspanning lager wordt en ziekteverwekkers geëlimineerd worden. Verder is bekend dat melkeiwitten virussen kunnen inactiveren door inkapseling.

Tenslotte worden anti-microbiële suikers of suikeranalogen kansrijk geacht, omdat binnen de voedingsindustrie dergelijke middelen binnen de VS reeds toelating hebben. Verder maakt nisine, een bacteriocine dat in de levensmiddelenindustrie gebruikt wordt en waarvan uitgebreide toxicologische rapporten bestaan, een kans op acceptatie. Nisine wordt op natuurlijke wijze geproduceerd, werkt met name goed tegen Gram-positieve bacteriën, kan goedkoop geproduceerd worden en is weinig persistent."

Over combinaties van middelen en methoden zegt Van der Wolf (2004) "Voor verbetering van de werking van natuurlijke middelen en het tegengaan van een resistentie-opbouw kunnen de middelen ook in combinatie toegepast worden, met name met stoffen die synergistisch werken, of samen met fysische methoden. Geregistreerde middelen mogen wel na elkaar worden toegepast, maar het combineren van natuurlijke middelen leidt tot een 'nieuwe formulering'. Dit resulteert weer in nieuwe dossiervereisten voor toelating. Combinaties met warmtebehandelingen, die nu al binnen de biologische sector worden toegepast, lijken wel een goede optie. Verwacht wordt dat bijvoorbeeld de toepassing van vluchtige etherische oliën, en ook organische zuren, met een warmtebehandeling de effectiviteit van de behandeling verder kan vergroten

en het risico van fytotoxische effecten kan verminderen.”

In tabel I is een overzicht gegeven van de volgens Van der Wolf (2004) meeste belovende middelen met perspectieven voor toepassing als middel voor ontsmetting van biologische zaden.

Tabel 1. **Middelen met de hoogste potentie van toepassing**

Product	Status	Effectiviteit	Economische haalbaarheid	Opmerkingen
Direct inzetbaar				
Lecithine	Verordening 2092 / 91/ Gewasbeschermingproduct	Als fungicide beschreven, maar effectiviteit zeer gering. In sommige gevallen schimmelgroeibevorderend	Klein (zuivere vorm 25€/ml)	Kan als emulgator bij toepassing van oliën gebruikt worden
Plantaardige oliën	Verordening 2092 / 91/ Gewasbeschermingproduct	Afhankelijk van de olie, effectief tegen bacteriën, schimmels, insecten en nematoden	Groot (zuivere vorm 0.05 – 4€/ml) Concentraties van ca. 0.1% zijn vaak al effectief	Tijmolie, kruidnagelolie, oregano-olie Slecht in water oplosbaar, gevaar voor fytotoxiciteit alleen toegelaten voor dompelen en aangieten
Op korte of middellange termijn inzetbaar				
Organische zuren	Verordening 2092/ 91/conserveringsmiddel	Effectief tegen bacteriën, matig tegen schimmels	Groot (0,002 - 0,0002 €/g) Concentraties van >2% zijn vaak effectief	Gevaar fytotoxiciteit, azijnzuur (>5%) wordt in de VS ook als herbicide gepromoot
Melk	Verordening 2092 / 91/meststof	Effectiviteit afhankelijk van stimulering antagonisme	Groot (0.001 €/ml). Concentratie van ..	Fytotoxiciteit door lage zuurstofspanning
Citrex	Geregistreerd in VS, niet in Nederland	Effectief tegen diverse (met zaad overgaande) pathogene bacteriën en schimmels en insecten	Groot (0.0015 €/ml)	Gevaar fytotoxiciteit
Nisine	Geregistreerd voor gebruik als conserveringsmiddel in levensmiddelenindustrie	Effectief tegen Gram- positieve bacteriën	Goed, middel kost 0,2 €/g. Effectieve dosis < 0,003 mg/ml	Gevaar van resistentieontwikkeling

4 Middelen recente literatuur

4.1 Stoffen met fungicide of fungistatische werking

4.1.1 Gassen en oxiderende stoffen

Tweddell et al. (2003) meldden een reducerend effect van chloor (in dampfase) op zilverschurft. Een reductie van 73% werd waargenomen bij een beschikbare chloorconcentratie van 2 mg/l in vochtige lucht terwijl deze reductie zelfs tot 95-97% opliep bij concentraties van 20 en 201 mg/l. De waarneming naar de aan- of afwezigheid van sporendragers werd gedaan na 40 dagen bewaring bij 15 °C in vitro. Wel wordt als neveneffect gemeld dat het anthocyaan in de schil verbleekte bij blootstelling aan 201mg/l chloor voor 40 dagen. Tevens bleek blootstelling aan chloorconcentraties van 20 en 201 mg/l in vochtige lucht gedurende 40 dagen te leiden tot aanmerkelijke kiemremming. Bij een chloorconcentratie van 2 mg/l trad deze kiemremming niet op, in feite bevorderde dit zelfs de kieming. Een nadeel van chloor en verschillende chloorverbindingen is dat het nogal corrosief is.

Olsen et al. (2003) vonden geen ziekteonderdrukking van zilverschurft als zij chloordioxide (ClO₂) via het luchtbevochtigingssysteem toedienden bij het inschuren. Wel melden ze een afname van 55% zilverschurftsporen bij een knolbehandeling met chloordioxide (4.16 l/ton bij een actuele concentratie van 763 ppm). Als negatieve punten van deze methode melden de auteurs dat chloordioxide opgelost in water snel reageert met de knol en aanhangend organisch materiaal waardoor de effectiviteit vermindert. Tevens melden ze dat gasvormige chloordioxide concentraties boven de 1 ppm extreem corrosief zijn voor faciliteiten en apparatuur.

Eerder meldden Secor & Gudmestad (1999) dat in oriënterende proeven was waargenomen dat het toevoegen van *chloordioxide* (ClO₂) aan het water in luchtbevochtigingssystemen gedurende de bewaring het aantal zilverschurftsporen verminderde en de aanwezigheid en de mate van aantasting van zilverschurft geringer deed zijn na 16 weken bewaring.

Afek et al. (2001) toonden aan dat het mogelijk is met waterstofperoxide (H₂O₂) uitbreiding van zilverschurft te beperken door tijdens de bewaring de lucht te bevochtigen met 10% waterstofperoxide plus (HPP). Na vijf behandelingen gedurende 6 maanden bewaring was het percentage aangetaste knollen 2%, na één behandeling 16% en na 0 behandelingen 38%. Ook remde HPP de groei van de schimmel op de schil van de geïnfecteerde geoogste knollen. HPP wordt omschreven als een milieuvriendelijk ontsmettingsmiddel en de plus slaat op hulpstoffen om de waterstofperoxide te stabiliseren. De werking van HPP berust op het oxideren van schimmels en bacteriën (Afek et al., 2001).

In Nederland wordt luchtbevochtiging echter nauwelijks toegepast en vooral voor pootgoed lijkt dat ook geen optie te zijn.

4.1.2 Zouten

Olivier et al. (1998 en 1999) melden dat enkele organische en anorganische zouten, waaronder kaliumsorbaat en natriumcarbonaat, bij toepassing na de oogst (afgeharde knollen) de ontwikkeling van lesies en de sporulatie van zilverschurft kunnen beperken. Ze vonden met kaliumsorbaat, ten opzichte van met water behandelde en onbehandelde knollen, in drie van de vier proeven, reducties in lesiegrootte van 26 tot 60% en in alle vier proeven betrouwbaar minder sporulatie. De sporulatie werd door 0,2 M kaliumsorbaat met 78 tot 99% gereduceerd. Voor deze toepassing zijn de knollen na de oogst gewassen, gedroogd en vervolgens gedompeld in oplossingen van verschillende zouten, vervolgens weer gedroogd en na 4 maanden bewaring bij 15 °C en een hoge luchtvochtigheid beoordeeld. Aan de meeste behandelingen werd 0,25% van de uitvloeier Tween 20 toegevoegd, in een concentratie van 0,25%. Een lagere concentratie van 0,1 M kaliumsorbaat was onvoldoende om de ziekte duidelijk te onderdrukken. Kaliumsorbaat heeft een heel lage toxiciteit voor zoogdieren en grote mogelijkheden als onschadelijk en goedkoop naaogstfungicide bij de onderdrukking van zilverschurft tijdens de bewaring (Olivier et al., 1999). Hervieux et al. (2002) noemen enkele zouten (zowel organische als anorganische) die een reducerend effect hebben op de groei en ontwikkeling van zilverschurft. Voor hun onderzoek werden in steriel substraat

gegroeide knollen bespoten met *H. solani* conidia en ter incubatie weggezet bij 24 °C gedurende 2, 4 of 7 dagen. Daarna werden de knollen gedompeld in verschillende zouten (0.2 M) en na 6 weken (15 °C, 95% RV) beoordeeld op de mate van zilverschurft. Aluminiumchloride ($\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) bleek 7 dagen na de inoculatie nog effectief te zijn, terwijl aluminiumlactaat ($((\text{C}_3\text{H}_5\text{O}_3)_3\text{Al})$), kaliumsorbaat ($\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_2\text{K}$), natriumcarbonaat (Na_2CO_3), natriummetabisulfiet ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$) en trinatriumfosfaat ($\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$) effectief bleken tot 4 dagen na inoculatie en ammoniumacetaat ($\text{NH}_4\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2$), calciumchloride ($\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) en natriumbenzoaat ($\text{C}_7\text{H}_5\text{O}_2\text{Na}$) effectief bleken tot 2 dagen na inoculatie. Nadat was aangetoond dat verschillende zouten in potentie uitbreiding van zilverschurft beperkten hebben Yaganza et al. (2003/4) nagegaan wat de invloed was van aluminiumchloride, natriummetabisulfiet, natriumbenzoaat en kaliumsorbaat op de een aantal kwaliteitsaspecten van aardappelen tijdens de bewaring. Ze deden dit onderzoek met twee rassen, Norland en Shepody, afgeharde knollen, die na wassen en drogen, 10 minuten in de oplossingen werden gelegd en vervolgens weer werden gedroogd en vervolgens bewaard bij 4°C. Over het algemeen werden met aluminiumchloride en natriumbisulfiet na 6 maanden bewaring hogere bewaarverliezen vastgesteld dan bij onbehandeld (doppelen in gedestilleerd water), terwijl bij de organische zouten natriumbenzoaat en kaliumsorbaat de bewaarverliezen vergelijkbaar waren met onbehandeld. Beide organische zouten verminderden bij een concentratie van 0,2 M de kiemgroei bij het ras Shepody. Natriumbenzoaat verhoogde het suikergehalte van de bewaarde aardappelen. Yaganza et al. (2003/4) besluiten hun artikel met de opmerkingen dat ook nog moet worden nagegaan in hoeverre deze zouten invloed hebben op de kookkwaliteit en de smaak en geur na koken en dat ook het effect op andere aardappellrassen moet worden nagegaan omdat zij aantonden dat de door hun gebruikte rassen verschillend reageerden.

4.1.3 Organische zuren

Van der Wolf (2004) noemt organische zuren kansrijk voor gebruik als zaadontsmettingsmiddel omdat deze stoffen een bactericide werking hebben en antagonisme op de zaadhuid bevorderen. In relatie tot beheersing van zilverschurft zijn echter geen recente onderzoeksresultaten gevonden waarbij organische zuren interessante effecten lieten zien. Dit geldt ook voor de andere door Van der Wolf genoemde stoffen (Van der Wolf, 2004) melk, Citrex en Nisine.

4.1.4 Oliën e.d.

Eén categorie van chemische stoffen van natuurlijke oorsprong met een fungicide en kiemremmende werking vormen de plantaardige oliën, die o.a. afkomstig zijn van *karwij*, *knoflook*, *tijm* en *pepermunt* (Bang, 1995 en 1999; Vaughn & Spencer, 1991). Ze werden reeds in het vorige hoofdstuk genoemd.

Bang (1998) geeft resultaten over twee jaar en verschillende rassen waaruit aanzienlijke effecten blijken op de zilverschurftaantasting in het voorjaar, na behandeling van het pootgoed vanaf het inschuren of vanaf 14 dagen na inschuren met de damp van pepermunt-, rozemarijn-, tijm-, karwij- salie- en knoflookolie. Ze vond reducties in aantasting tot slechts 9% ten opzichte van de controle. Vooral knoflookolie bleek effectief te zijn.

De meeste behandelingen leidden na uitpoten in het veld, ook tot een lichte totale opbrengstverhoging en een even zo grote tot nog iets grotere toename van de hoeveelheid in de maat van 35 tot 55 mm ten opzichte van het niet behandelde object. Eventuele geringere ziekteaantastingen bij de nateelt worden niet vermeld.

Ze noemt ook dat andere aromatische planten zoals mierikswortel (*Armoracia rusticana*) en ui (*Allium cepa*) soms de aantasting van zilverschurft beperkten.

Later herhaalde ze (Bang, persoonlijke mededeling, 2005) erop te letten dat het beste effect verkregen werd als de damp van knoflook werd toegepast direct bij het inschuren. Na 14 dagen was het effect op zilverschurft betrouwbaar minder. Ze adviseerde deze etherische olie niet te gebruiken bij consumptieaardappelen tenzij in recepten een knoflooksmaak gewaardeerd wordt.

Frazier et al. (2004) melden in hun onderzoek naar biologische alternatieven voor kiemremming dat *kruidnagelolie* (clove oil; *Syzygium aromaticum* (L.)) een reducerende werking heeft op zilverschurft. Na een bewaring van 9 maanden en 9 kruidnagelolietoedieningen met een totaal van 204 gram per ton (1 x 52 gram per ton + 8 x 19 gram per ton) of 401 gram per ton (1 x 105 gram per ton + 8 x 37 gram per ton)

bleken de behandelingen respectievelijk 78% en 61% zilverschurft te hebben ten opzichte van 98% bij de onbehandelde controle.

Op dit moment is vooral het middel Talent interessant. Dit middel, op basis van karwijolie (D-carvon), is onlangs toegelaten als kiemgroeiregulator in pootaardappelen. Talent (carvon) heeft als interessante nevenwerking dat het de ontwikkeling van zilverschurft tegengaat (Bang, 1995 en 1999, Gorris et al., 1994; Hartmans et al., 1995 en 1997; La Torre et al., 1996; Sigvald, 1995), hoewel vervanging van de gangbare middelen tegen zilverschurft door Talent nog niet aan de orde lijkt. Met de toelating van Talent in pootaardappelen is de toelating in consumptie- en zetmeelaardappelen vervallen. Een drempel voor de toepassing van Talent op gangbare consumptieaardappelen vormden de kosten, die aanzienlijk hoger waren dan die van de traditionele kiemremmers die echter geen zilverschurft bestrijden.

Naast etherische oliën kunnen ook andere stoffen in planten worden gevonden met een fungicidewerking (Olivier et al., 1999). Deze auteurs suggereren dat deze gewassen wellicht als groenbemester een rol kunnen spelen in de bestrijding van bodemschimmels.

Voor een toepassing als knolbehandeling moeten alle stoffen qua toelating echter dezelfde weg volgen als synthetisch-chemische stoffen, terwijl het voor een producent moeilijk is dergelijke producten te beschermen. Ze moeten bovendien in voldoende grote hoeveelheden kunnen worden gewonnen om een product met een acceptabele prijs op de markt te kunnen brengen.

4.2 Antagonisten

Chun en Shetty (1994) melden een reductie van zilverschurftaantasting door *Pseudomonas corrugata*. De mate van zilverschurftaantasting op natuurlijk geïnfecteerde knollen werd gereduceerd van 45% naar 28%. Ongeveer 17% van de met *P. corrugata* behandelde knollen bleef vrij van aantasting terwijl op er bij de niet behandelde knollen geen enkele voorkwam zonder aantasting. Een verdere afname van zilverschurft werd vastgesteld op de dochterknollen van 19 naar 3 % nadat de met *P. corrugata* behandelde knollen in grond uit het veld onder kasomstandigheden verder werden vermeerderd.

Elson et al. (1997) identificeerden uit 47 grondmonsters en 7 knolmonsters *Pseudomonas putida*, *Nocardia globerulea* en *Xanthomonas campestris* als organismen die de ontwikkeling van zilverschurft op aardappelknollen konden remmen. De resultaten waren evenwel erg variabel en worden toegeschreven aan o.a. invloeden van fysiologische leeftijd van de knollen (heel jonge knollen zijn weinig vatbaar ten opzichte van wat oudere) en verschillen in hoeveelheid vrij aanwezig vocht tijdens de bewaring.

Martinez et al. (2002) hebben 45 grondmonsters uit Quebec onderzocht op hun effect op de ontwikkeling van zilverschurft. Dit waren monsters van aardappelpercelen waarvan men de indruk had dat die weinig zilverschurftproblemen gaven. Een aantal chemische karakteristieken en micro-organismen zijn onderzocht. Het onderzoek met de grond gebeurde in potten onder kasomstandigheden waarbij is uitgegaan van in gelijke mate kunstmatig met zilverschurft besmette knollen. Direct na de oogst en na 3 maanden bewaring bij 4°C, werden de knollen beoordeeld op de mate van zilverschurftaantasting. Twee van de 45 gronden vielen op doordat er weinig zilverschurft op de knollen ontstond.

Bij de fysisch-chemische eigenschappen bleek dat er bij 2 variabelen (ijzer (Fe) en nitraatstikstof (N-NO₃)) een betrouwbaar negatief verband was met de mate van zilverschurftaantasting. Naarmate de gehalten aan ijzer en nitraatstikstof in de grond dus hoger waren, werd minder zilverschurft op de knollen vastgesteld. Er bleek geen betrouwbare correlatie te zijn tussen de zilverschurftaantasting en de verschillende microbiële eigenschappen van de grond. Wel vonden Martinez et al. (2002) dat er antagonistische micro-organismen aanwezig waren in de meest zilverschurftonderdrukkende gronden. De grondmonsters die de meeste reductie toonden, werden geanalyseerd op de aanwezige micro-organismen en deze micro-organismen werden individueel getoetst op hun effectiviteit tegen zilverschurft. De effectiviteit werd vastgesteld door de verschillende bacteriesuspensies op met zilverschurft besmette knollen te spuiten en de ontwikkeling van zilverschurft te vergelijken met gedestilleerd water bespoten knollen. De organismen die bij een temperatuur van 24 °C een reductie van meer dan 50% gaven, waren: *Kocuria varians*, *Cellulomonas fimi* en *Rhodococcus globeruleus*. Bij een temperatuur van 15 °C bleek de reductie van deze zelfde organismen 37% of minder te zijn. De micro-organismen *Rhodococcus erythropolis*, *Bacillus cereus* en *Pseudomonas putida* bleken bij 15 °C een reductie van respectievelijk 52, 63 en 70% te hebben, terwijl deze reductie bij 24°C 39% of minder was.

Michaud et al. (2002) hebben 100 grondmonsters uit Quebec onderzocht op hun effect op de ontwikkeling

van zilverschurft. Met zilverschurft besmette knollen werden met een bepaalde hoeveelheid van deze grond behandeld en vervolgens gedurende enige tijd bij 10, 15 of 24 °C te incuberen gezet. Bij de 10 grondmonsters met een reducerend effect op zilverschurft, werden aanwezige micro-organismen geïsoleerd en vervolgens individueel, op met zilverschurft besmette knollen, getoetst op hun effectiviteit tegen zilverschurft. Die organismen die potentieel een goede biologische beheersing lieten zien, werden vervolgens getoetst in drievoud. Bij 10 °C waren dit 9 isolaten waarvan er 6 meer dan 65% reductie op de knollen gaven. Deze zes zijn geïdentificeerd als: *Aquaspirillum autotrophicum*, *Arcanobacterium haemolyticum*, *Arthrobacter oxydans*, *Bacillus mycoides*, *Kocuria rosea* en een schimmel behorend tot de *Zygomyceten*. Deze zes micro-organismen zijn verder getest bij 15 en 24°C en toen bleken bij deze temperaturen *Arcanobacterium haemolyticum* en *Arthrobacter oxydans* de meest effectieve antagonisten van zilverschurft te zijn. De antagonisten die bij 10°C zilverschurft onderdrukken zijn vooral interessant tijdens de bewaarperiode. De antagonisten die dit bij 15°C en 24°C doen zouden interessant kunnen zijn als knolbehandeling bij het poten, waarbij *Arcanobacterium haemolyticum* die bij 15°C 70% reductie gaf en bij 24°C 10% in feite voor Nederlandse omstandigheden interessanter is dan *Arthrobacter oxydans* die bij 15°C 23% reductie gaf en bij 24°C 77%.

Gajda & Kurzwinska (2004) testten de antagonistische micro-organismen *Bacillus polymyxa* en *Trichoderma viride* tegen zilverschurft. Ze deden dit in een potproef. Eerst zijn hierbij de antagonisten aan de grond toegevoegd, 4 dagen later het pathogeen *Helminthosporium solani* en weer 4 dagen later zijn de gewassen en ontsmette knollen gepoot. Zij stelden vast dat beide organismen de ontwikkeling van zilverschurftsymptomen op de nieuwe knollen betrouwbaar remden. Beide organismen deden dit in ongeveer gelijke mate en het effect was duidelijker direct na de oogst in oktober dan in het volgende voorjaar in april. Deze auteurs verwachten dat deze antagonisten beter ingezet kunnen worden bij kortdurende gewasteelten dan bij langere, zoals bij de aardappelbewaring.

Bovengenoemde publicaties laten zien dat er wel enige aanknopingspunten zijn om met behulp van antagonistische micro-organismen tot biologische bestrijding van zilverschurft tijdens de bewaarperiode of als knolbehandeling te komen. De organismen die bij 10°C actief zijn, zouden in de bewaarperiode in gezet kunnen worden. Er is echter nog veel onderzoeks- en ontwikkelingswerk voor nodig, voordat het eventueel zover komt.

4.3 Behandeling met warmte

4.3.1 Water

Dashwood et al. (1991) stelden vast dat de ontwikkeling van zilverschurft sterk werd geremd na dompeling van de aardappelen in water van 55 °C gedurende 5 minuten. Ook Hide (1975) meldt remming van de ontwikkeling van zilverschurft door een warmtebehandeling. Een behandeling met heet water werd ook reeds beproefd om er het niveau van bacteriebesmetting mee te verlagen, het blijkt echter moeilijk een dosis warmte te vinden die enerzijds een goede bestrijding van verschillende pathogenen geeft en anderzijds geen rot en verminderde kieming en/of lagere stengelaantallen van pootgoed tot gevolg heeft (o.a. Hide, 1975; Mackay & Shipton, 1983). Proeven door het PPO in 2000 hebben dit nog eens bevestigd (Bos & Veerman, 2001). Een verminderde kieming is overigens geen bezwaar bij consumptieaardappelen. Maar ook bij consumptieaardappelen zijn er grenzen aan de dosis warmte die kan worden gegeven in verband met de ontwikkeling van rot en aantasting van het uiterlijk van de knollen. De toleranties voor de ontwikkeling van rot en aantasting voor het uiterlijk lijken echter wat groter dan voor remming van de kieming.

4.3.2 Straling

Johnson et al. (2003) melden een effect van stralingswarmte op de vitaliteit van zilverschurft. In vitro, in Petrischalen, bleken temperaturen van boven de 50°C van meer dan 3 tot 5 minuten op zilverschurftcultures dodelijk. Losgekomen conidia waren echter veel minder gevoelig voor stralingswarmte dan nog vastzittende conidia. Tenminste 17% kiemde nog na een behandeling van 3 minuten bij 70 °C. Daarom achten zij in een commercieel systeem alleen stralingswarmte niet geschikt als methode om zilverschurft bij bewaaraardappelen te beperken. De auteurs geven daarom als praktische oplossing voor het verlagen van het besmettingsniveau van zilverschurft om de knollen te wassen in stromend warm water

waarbij tegelijkertijd de conidia worden weggewassen. En waarbij de watertemperatuur zodanig hoog is dat het resterende aanwezige schimmelweefsel van zilverschurft wordt gedood.

4.3.3 Stoom

Afek en Orenstein (2002) hebben het effect van stoom op zilverschurft onderzocht op zowel laboratoriumschaal als op praktijkschaal. In het lab bleek een stoombehandeling van 5 seconden bij 90 °C en 1.2 atmosfeer significant minder zilverschurft te geven ten opzichte van de onbehandelde controle (3 vs. 59% aangetaste knollen). (Hoe de aantasting is vastgesteld, % knollen of % knoloppervlak, is niet duidelijk. Er staat dat dit visueel gebeurt is.) Bij de op praktijkschaal uitgevoerde knolbehandeling liepen de knollen over een lopende band en werden behandeld met drie achter elkaar gemonteerde rijen met doppen, waarbij de stoom die in contact kwam met de knollen 70 °C was en een druk van 2 atmosfeer had gedurende 10 seconden. Door deze behandeling bleek de aantasting na bewaring significant lager te zijn ten opzichte van de onbehandelde controle (3 vs. 46% zilverschurft). 120 Dagen na het poten werden de planten geoogst en de nieuwe knollen op aanwezigheid van zilverschurft beoordeeld. Het percentage aangetaste knollen bleek op het met stoom behandelde object significant lager te zijn dan op het onbehandelde object (4 vs. 32%). Er werden geen effecten waargenomen van de behandeling op de gewasontwikkeling en de groeikracht van de dochterknollen. De auteurs noemen drie theorieën waarom stoom zo effectief ziektekiemen kan vernietigen 1. de hitte vernietigt de pathogenen op de schil; 2. de druk van de stoom blaast de ziektekiemen en andere verontreinigingen van de schil af en ; 3. de verhoogde temperaturen die ontstaan door de stoom, stimuleren de vorming van schimmelwerende stoffen, waardoor de knolresistentie tegen pathogenen verhoogd wordt. Op basis van microscopische waarnemingen hebben zij de indruk dat de werking van de stoom berustte op het vernietigen van de celwanden van sporen en mycelium van de schimmel.

4.4 Bemesting

Over de invloed van bemesting op zilverschurft is weinig literatuur.

Dimitrov (1982) meldt dat hoge bemestingsniveaus weinig invloed hadden op de aantasting door verschillende schimmels, waaronder zilverschurft.

Martinez et al. (2002) hebben in hun onderzoek aan 45 grondmonsters uit Quebec, een significante negatieve correlatie ($r=-0,46$) waargenomen tussen de hoeveelheid aantasting door zilverschurft op de knollen en de hoeveelheid nitraatstikstof ($N-NO_3$) in de grond. Gemiddeld in de 45 gronden was de hoeveelheid $N-NO_3$ 30 mg/kg met een variatie van 1-68 mg/kg. Dit negatieve verband (meer nitraat-stikstof in het grondmonster – minder zilverschurftaantasting bij de oogst) was ook gerapporteerd door Adams et al. (1970). Het is niet duidelijk hoe $N-NO_3$ de mate van zilverschurftaantasting op de knollen beïnvloedt en via welke mechanismen de $N-NO_3$ -concentratie de aantasting door zilverschurft zou kunnen verminderen. Het zou kunnen dat $N-NO_3$ *Helminthosporium solani* beïnvloedt via een effect op bodemmicro-organismen. Martinez et al. (2002) melden ook een negatieve correlatie ($r=-0,30$) waargenomen te hebben tussen de bedekking van de knollen bij de oogst met zilverschurft en het ijzergehalte (Fe) in de grond. De hoeveelheid beschikbaar ijzer was gemiddeld 243 mg/kg met een variatie van 35-417 mg/kg. IJzer kan de schimmel *Helminthosporium solani* in de grond rechtstreeks beïnvloed hebben of, zoals $N-NO_3$, indirect via zijn effect op andere bodemmicro-organismen.

Meijers (1964) meldt geen effect van de hoeveelheid kalium in de grond op de zilverschurftaantasting en bij stikstof meldt hij iets minder aantasting bij 300 ten opzichte van 150 kg stikstof per hectare. Deze stikstofniveaus zijn voor de huidige teeltpraktijk nog altijd relevant. Er zijn echter geen signalen dat zulke bemestingsniveaus een rol van betekenis spelen bij het optreden van zilverschurft.

Sandar & Nelson (1968) melden dat hogere stikstofgiften de aantasting door zilverschurft verminderden, maar zeggen ook dat dit waarschijnlijk komt door de verlating van het gewas.

Snieg (1992a) meldt dat de plaats van een bekalking in een rotatie geen invloed had op de zilverschurftaantasting en dat ook een bekalking na het aanaarden geen effect had (1992b).

5 Evaluatie

- Gassen en oxiderende stoffen: Het vernevelen van chloorverbindingen zal zeker in de biologische sector weerstand oproepen. Voor waterstofperoxide zal deze weerstand minder zijn. Waterstofperoxide wordt omschreven als een milieuvriendelijk ontsmettingsmiddel dat berust op de oxidatie van micro-organismen. Het probleem is de toepassingswijze via het luchtverdeelsysteem. We kennen dit systeem van luchtbevochtiging in aardappelbewaarplaatsen hier niet of nauwelijks.
- Dompelen in oplossingen van zouten: Het dompelen van aardappelknollen in water direct na de oogst is mogelijk, maar kan tot problemen met rot leiden als niet goed gedroogd (snel en goed droog) wordt. Vooral grondresten in de ogen dienen goed verwijderd te worden om de kans op rot te beperken. Toch lijkt het dompelen in bepaalde, vooral organische zouten interessant. Verschillende zouten, zoals kaliumsorbaat (Olivier et al., 1998), zijn toegelaten in de voedingsmiddelenindustrie. Er dienen echter nog vele vragen opgelost te worden over de invloed van deze zouten op de kwaliteit van het bewaarde product, zie ook Yaganza et al., (2003/4) hoofdstuk 4.1.2. Daarnaast moet het effect van deze zouten worden getest op vers gerooide knollen, daar het vooral het rooien en de beschadigingen die daarbij ontstaan hét kritische moment is voor het ontstaan van besmettingen met zilverschurft en ook Fusarium en bacterieziekten.
- Dompelen in oplossingen van organische zuren. Voor het dompelen in water gelden dezelfde bezwaren als voor dompelen in oplossingen van zouten. Er zijn geen recente onderzoekservaringen waarbij door middel van het dompelen van aardappelknollen de ontwikkeling van zilverschurft op de knollen kan worden tegengegaan. Maar er is wel veel ervaring met organische zuren in de voedingsmiddelenindustrie als middel tegen schimmel- en bacteriegroei.
- Het verdient aanbeveling om voor zowel zouten als organische zuren te onderzoeken hoe effectief deze middelen tegen zilverschurft zijn als in plaats van de knollen in de oplossingen te dompelen de oplossingen over de knollen gespoten (verneveld) worden.
- De meest interessante groep vormen de etherische oliën, afkomstig van planten. Hierbij wordt onder andere gedacht aan tijmolie, knoflookolie en karwijolie. Een bijzonderheid van etherische oliën is hun vluchtigheid. Dit beperkt de duurwerking en stelt speciale eisen aan de toedieningstechniek. Een nadeel van etherische oliën is dat zij de wondheling vertragen (Oosterhaven, 1995) en daardoor mogelijk een stimulans zijn voor sommige ziekten. Van de etherische oliën is vooral Talent (karwijolie) interessant omdat die sinds kort een toelating heeft bij pootaardappelen en er al veel ervaring mee is. Aangevoerd is dat Talent zilverschurft onderdrukt, hoewel dit bij de huidige geadviseerde toepassing als kiemgroeiregulator beperkt is. De in de literatuur gevonden resultaten laten zien dat tijmolie en knoflookolie effectiever zijn.
- Antagonisten: Er zijn inmiddels heel wat micro-organismen bekend die de groei van zilverschurft hebben tegengegaan. Dit opent weliswaar mogelijkheden voor de biologische bestrijding van zilverschurft, maar heeft nog niet tot een specifiek in Nederland toegelaten product tegen zilverschurft geleid. In de Verenigde Staten worden veel van dit soort producten op de markt gebracht. Toch zijn ons ook van daaruit geen interessante biologische producten tegen zilverschurft bekend. Dit betekent echter niet dat antagonisten op langere termijn niet perspectiefvol kunnen zijn. Een voordeel van antagonisten is dat zij tegen meerdere plantpathogenen gelijktijdig werkzaam kunnen zijn, al is ook een negatief effect mogelijk. Onderzoekstechnisch is dit soms lastig. Een ander voordeel van antagonisten kan zijn dat zij een langere termijn-effect op de nateelt kunnen hebben.
- Warm water: Knollen zouden 5 minuten in water van 55°C moeten liggen om alle zilverschurft op de knol te doden. Dit is zo dicht tegen de letale temperatuur aan (die varieert met onder andere ras, jaar, herkomst en fysiologische leeftijd) dat het geen reële optie voor de praktijk kan zijn, vooral in verband met de kans op rotontwikkeling en kiemingsproblemen.
- Stralingswarmte: Stralingstemperaturen van boven de 50°C die langer dan 3 tot 5 minuten duren, zijn dodelijk voor zilverschurftkolonies in Petrischalen. Maar de rijpe sporen (sporen die los zijn van de sporendragers) blijken veel minder gevoelig te zijn voor stralingswarmte, alvorens hun kiemkracht te verliezen. Deels (>17%) kiemden ze nog na 3 minuten bij 70°C(!). Daarom is het onwaarschijnlijk dat stralingswarmte alleen, de basis kan zijn voor een commercieel systeem voor

- de bestrijding van zilverschurft voor aardappelen die bewaard worden (Johnson et al., 2003).
- Stoom: Het artikel over stoom uit Israël klinkt erg interessant. Het voordeel van stoom is dat de knollen niet echt nat worden. Uitdaging is natuurlijk een praktisch en betaalbaar systeem te ontwikkelen waarbij ongelukken die tot rot leiden als gevolg van te lang stomen voorkomen kunnen worden en waarin voldoende effect tegen zilverschurft wordt bereikt. Tegen de achtergrond van de vorige twee punten zal dit ook bij gebruik van stoom niet eenvoudig te optimaliseren zijn.
 - Bemesting: Er zijn effecten van de hoeveelheid aanwezige voedingsstoffen in de bodem op zilverschurft vastgesteld, maar deze zijn niet van dien aard dat ze voldoende zijn om interessant te zijn als beheersingsmaatregel van zilverschurft. Wel kan nog gedacht worden aan de effecten van bepaalde gewasresten, zoals koolresten, op de ontwikkeling van zilverschurft tijdens het groeiseizoen van aardappelen. Hierover hebben we echter geen recente literatuur gevonden in relatie tot zilverschurft. Het is wel dit jaar door het Louis Bolk Instituut wel in onderzoek genomen.

Literatuur

- Adams, A.P., Sandar, N. Nelson, D.C., 1970. Some properties of soils affecting russet scab and silver scurf of potatoes. *American Potato Journal* 47, 49-57.
- Afek, U. & J. Orenstein, 2002. Disinfecting potato tubers using steam treatments, *Canadian Journal Plant Pathology* 24, p. 36-39.
- Afek, U., J. Orenstein & J. J. Kim, 2001. Control of silver scurf disease in stored potato by using hydrogen peroxide plus (HPP). *Crop Protection* 200, p. 69-71.
- Bains, P.S., Bisht, V.S.; Benard, D.A., 1996, Soil survival and thiabendazole sensitivity of *Helminthosporium solani* isolates from Alberta, Canada, *Potato Research* 39, no. 1, p. 23-30.
- Bang, U., 1995. Naturliga vaxtextrakt - bekampning mot svampsjukdomar i potatis, 36:e Svenska Vaxtskyddskonferensen: Jordbruk - Skadedjur, vaxtsjukdomar och ogras 1995, p. 371-381.
- Bang, U., 1995. Essential oils as fungicides and sprout inhibitors in potatoes. *Path. Section Meeting, Dublin, September 1995*. p. 318-324.
- Bang, U., 1999. Control of seed borne pathogens by natural volatile substances. *Abst. of Conf. Papers, Posters and Demonstrations, EAPR, Sorrento, Italy, May*. P. 174-175.
- Bos, D. & A. Veerman, 2001. Toetsing van de effectiviteit van een warmwaterbehandeling tegen zilverscurf in aardappelen, *Projectrapport 110008, PPO, Lelystad*, 15 pp.
- Burke, O.D., 1938. The silver scurf disease of potatoes, *Bulletin of the Cornell University Experimental Station* 692, p. 1-30.
- Chun, W.W.C. & K.K. Shetty, 1994. Control of silver scurf disease of potatoes caused by *helminthosporium solani* Dur. & Mont. with *Pseudomonas corrugata*. (Abstr.) *Phytopathology* 84, p. 1090-1091.
- Dashwood, E.P., E.M. Burnett & M.C.M. Perombelon, 1991. Effect of a continuous hot water treatment of potato tubers on seed-borne fungal pathogens, *Potato Research* 34, no. 1, p. 71-78.
- Dashwood, E.P., R.A. Fox & D.A. Perry, 1992. Effect of inoculum source on root and tuber infection by potato blemish disease fungi, *Plant Pathology* 41, no. 2, p. 215-223.
- Dimitrov, S., 1982, [Effect of fertilizers and irrigation on keeping quality and fungal infection of potato], *Rasteniev"dni-Nauki*, 19, No. 2, p. 69-79
- El Immane Collet, R., M. Elakel & B. Jouan, 1995. Etude comparative de la nuisibilité agronomique de la gale argentée de la pomme de terre au Maroc et en France, *Al Awamia* 91, p. 1-8.
- Elson, M.K., D.A. Schisler & R.J. Bothast, 1997. Selection of microorganisms for biological control of silver scurf (*Helminthosporium solani*) of potato tubers, *Plant Disease* 81, no. 6, p. 647-652.
- Firman, D.M. & E.J. Allen, 1995b, Transmission of *Helminthosporium solani* from potato seed tubers and effects of soil conditions, seed inoculum and seed physiology on silver scurf disease, *Journal of Agricultural Science* 124, no. 2, p. 219-234.
- Frazier, M.J., N. Olsen & G. Kleinkopf, 2004. Organic and alternative methods for potato sprout control in storage, *University of Idaho extension, Idaho agricultural experiment station, CIS 1120*, 4 pp.
- Frazier, M.J., K.K. Shetty, G.E. Kleinkopf & P. Nolte, 1998. Management of silver scurf (*Helminthosporium solani*) with fungicide seed treatments and storage practices, *American Potato Journal* 75, no. 3, p. 129-135.
- Gorris, L.G.M., K. Oosterhaven, K.J. Hartmans, Y.de Witte & E.J. Smid, 1994. Control of fungal storage diseases of potato by use of plant-essential oil components, *Brighton Crop Protection Conference – Pests and Diseases, Volume 1*, p. 307-312.
- Hartmans, K.J., P. Diepenhorst, W. Bakker & L.G.M. Gorris, 1995. The use of carvone in agriculture: sprout suppression of potatoes and antifungal activity against potato tuber and other plant diseases, *Industrial Crops and Products* 4, p. 3-13.
- Hartmans, K.J., P.S. Hak en E.J. Smid, 1997. Talent onderdrukt bewaarziekten bij aardappelen, *Aardappelwereld* 51, no. 4, p. 19-20.
- Heiny, D.K. & G.A. McIntyre, 1983. *Helminthosporium solani* Dur. & Mont. Development on potato periderm, *American Potato Journal* 60, no. 10, p. 773-789.
- Hervieux, V., E.S. Yaganza, J. Arul & R.J. Tweddell, 2002. Effect of organic and inorganic salts on the development of *Helminthosporium solani*, the causal agent of potato silver scurf, *Plant Disease* 86, no. 9,

p. 1014-1018.

Hide, G.A., 1975. Effect of heat treatment of potato tubers on *Oospora pustulans*. *Plant Pathology* 24, p. 233-236.

Hide, G.A., 1978. Incidence of pathogenic fungi on Scottish potato seed stocks derived from stem cuttings, *Potato Research* 21, no. 4, p. 277-289.

Hide, G.A. & K.J. Boorer, 1991. Effects of drying potatoes (*Solanum tuberosum* L.) after harvest on the incidence of disease after storage, *Potato Research* 34, no. 2, p. 133-137.

Hide, G.A., K.J. Boorer & S.M. Hall, 1994a. Effects of watering potato plants before harvest and of curing conditions on development of tuber diseases during storage, *Potato Research* 37, no. 2, p. 169-172.

Hide, G.A. & P.J. Read, 1991. Effects of rotation length, fungicide treatment of seed tubers and nematicide on diseases and the quality of potato tubers, *Annals of Applied Biology* 119, no. 1, p. 77-87.

Hunger, R.M. & G.A. McIntyre, 1979. Occurrence, development and losses associated with silver scurf and black dot on Colorado potatoes, *American Potato Journal* 56, p.289-306.

Jeger, M.J., G.A. Hide, P.H.J.F. van den Boogert, A.J. Termorshuizen & P. van Baarlen, 1996. Pathology and control of soil borne fungal pathogens of potato, *Potato Research* 39, extra edition, p. 437-469.

Jellis, G.J. & G.S. Taylor, 1977. The development of silver scurf (*Helminthosporium solani*) disease of potato, *Annals of Applied Biology* 86, no. 1, p. 19-28.

Johnson, T.P.C., B.W.W. Grout, C.F.H. Bishop & A. Perera, 2003. The use of radiant heat to reduce the inoculum level of silver scurf (*Helminthosporium solani*) on potato tubers (*Solanum tuberosum*) before storage, *Acta Horticulturae* 619, p. 207-211.

Lennard, J.H., 1980. Factors affecting the development of silver scurf (*Helminthosporium solani*) on potato tubers, *Plant Pathology* 29, no. 2, p. 87-92.

Mackay, J.M. & P.J. Shipton, 1983. Heat treatment of seed tubers for control of potato blackleg (*Erwinia carotovora* subsp. *Atroseptica*) and other diseases, *Plant Pathology* 32, p. 385-393.

Martinez, C., M. Michaud, R.R. Bélanger & R.J. Tweddell, 2002. Identification of soils suppressive against *Helminthosporium solani*, the causal agent of potato silver scurf, *Soil Biology & Biochemistry* 34, p. 1861-1868.

Meijers, C.P., 1964. Zilverfurfurtaantasting op aardappelen, de invloed daarvan op de blauwgevoeligheid van de knollen en de uitbreiding tijdens de bewaring, *Jaarboek van het Instituut voor Bewaring en Verwerking van Landbouwproducten* 1964, p. 72-81.

Merida, C.L. & R. Loria, 1994. Survival of *Helminthosporium solani* in soil and in vitro colonization of senescent plant tissue, *American Potato Journal* 71, no. 9, p. 591-598.

Michaud, M., C. Martinez, A.M. Simao-Beauvoir, R.R. Bélanger & R.J. Tweddell, 2002. Selection of antagonist microorganisms against *helminthosporium solani*, causal agent of potato silver scurf, *Plant Disease* 86, no. 7, p. 717-720.

Mooij, J.C., 1968. De aantasting van de aardappel door zilverfurfur *Helminthosporium solani*, *Verslagen van landbouwkundige onderzoekingen* 716, Instituut voor Plantenkundig onderzoek, Wageningen, 62 pp.

Olivier, C., D.E. Halseth, E.S.G. Mizubuti & R. Loria, 1998. Postharvest application of organic and inorganic salts for suppression of silver scurf on potato tubers, *Plant Disease* 82, no. 2, p. 213-217.

Olivier, C., C.R. MacNeil; R. Loria, 1999. Application of organic and inorganic salts to field-grown potato tubers can suppress silver scurf during potato storage, *Plant Disease* 83, no. 9, p. 814-818.

Olsen, N.A., G.E. Kleinkopf & L.K. Woodell, 2003. Efficacy of chlorine dioxide for disease control on stored potatoes, *American Journal of Potato Research* 80, p. 387-395.

Oosterhaven, J., 1995. Different aspects of S-carvone, a natural potato sprout growth regulator. Thesis Landbouwniversiteit Wageningen, 152 pp.

Read, P.J. & G.A. Hide, 1984. Effects of silver scurf (*Helminthosporium solani*) on seed potatoes, *Potato Research* 27, no.2, p. 145-154.

Rodriguez, D.A., G.A. Secor, N.C. Gudmestad & L.J. Francl, 1996. Sporulation of *Helminthosporium solani* and infection of potato tubers in seed and commercial storages, *Plant Disease* 80, no. 9, p. 1063-1070.

Sandar, N. & D.C. Nelson, 1968. Effect of plant residues and nitrogen applications on yield, specific gravity, russet scab and silver scurf, *American Potato Journal* 45, p.327-334.

Santerre, J. 1966. Absence apparente de l'organisme de la tache argenteé des pommes de terre, *Helminthosporium atrovirens*, dans les sols nouvellement défrichés, *Canadian Journal of Plant Science* 46, p. 647-652.

- Santerre, J. 1967. Evaluation de l'importance relative du sol et de la semence comme source d'inoculum de la tache argenteé des pommes de terre au moyen d'essais de repression, Canadian Journal of Plant Science 47, p. 695-702.
- Santerre, J. 1969. La semence infectée, source d'inoculum de la tache argenteé dans les sols affectés à la culture des pommes de terre, Canadian Journal of Plant Science 49, p. 83-86.
- Schultz, E.S., 1916. Silver-scurf of the Irish potato caused by *Spondylocladium atrovirens*, Journal of Agricultural Research 6, p. 339-350.
- Secor, G.A. & N.C. Gudmestad, 1999. Managing fungal diseases of potato, Canadian Journal of Plant Pathology 21, p. 213-221.
- Sigvald, R., 1995. Natural plant extracts - control of fungal pathogens of potato, Naturliga vaxtextrakt – bekampning mot svampsjukdomar i potatis, In: U. Bang (ed.), Proceedings of the 36th Swedish crop protection conference, Uppsala Sweden 26-27 January 1995, Sveriges Lantbruksuniversitet (Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, p. 371-381.
- Snieg, L., 1992a. [Effectiveness of liming at selected stages of crop rotation. 1. Effect of liming at different stages of the rotation on tuber yield and infection with common scab and silver scab in four potato cultivars], Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej w Szczecinie, Rolnictwo, no. 52, p. 127-132.
- Snieg, L., 1992b. [Effectiveness of liming at selected stages of a crop rotation. 3. Effect of lime as a top dressing on plant growth and tuber yield of potatoes], Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej w Szczecinie, Rolnictwo, no.52, p. 139-148.
- Torre, A. la, V. Pompei & A. Leandri, 1996. In vitro effectiveness of L-carvone against some pathogenic fungi of stored potatoes, Azione inibitrice in vitro di L-carvone nei confronti di alcuni patogeni fungini della patata in conservazione, Difesa delle Piante 19, no. 4, p. 153-156.
- Tweddell, R.J., R. Boulanger & J. Arul, 2003. Effect of chlorine atmospheres on sprouting and development of dry rot, soft rot and silver scurf on potato tubers, Postharvest Biology and Technology 28, p. 445-454.
- Vaughn, S.F. & G.F. Spencer, 1991. Volatile monoterpenes inhibit potato tuber sprouting, American Potato Journal 68, p. 821-831.
- Veerman, A., 2001. Literatuuronderzoek zilverschurft (*Helminthosporium solani*), PPO Projectrapport no. (11) 54.3.88, 27 pp.
- Wolf, J.M. van der, 2004. Natuurlijke middelen voor ontsmetting van biologisch zaad, Nota 67, Plant Research International, 38 pp.
- Wustman, R. & J. Sinke, 1990. Het effect van zilverschurft op de opbrengst van drie aardappelrassen, Gewasbescherming 21, no. 5, p. 135-137.
- Yaganza, E.-S, J. Arul & R.J. Tweddell, 2003/2004. Effect of pre-storage application of different organic and inorganic salts on stored potato quality. Potato Research 46, p. 167-178.