



Inventarisatie van nieuwe en bestaande mogelijkheden voor de bestrijding van schurft in aardappelen

A. Veerman en P.H.J.F van den Boogert

© 2003 Wageningen, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Praktijkonderzoek Plant & Omgeving.

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

Dit onderzoek werd uitgevoerd in opdracht van en gefinancierd door het Hoofdproductschap Akkerbouw te Den Haag

Auteurs:

A. Veerman (Praktijkonderzoek Plant & Omgeving) en
P.H.J.F van den Boogert (Plant Research International)

Met bijdragen van:

P.J.M. Bonants (PRI), C.B. Bus (PPO), J. G. Lamers (PPO), en A.G.C.L. Speksnijder (PRI)

Projectnummer: PPO 510270

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Sector.....

Adres : Edelhertweg 1, Lelystad
: Postbus 430, 8200 AK Lelystad
Tel. : 0320 – 29 11 11
Fax : 0320 – 23 04 79
E-mail : info.ppo@wur.nl
Internet : www.ppo.dlo.nl

Inhoudsopgave

pagina

SAMENVATTING.....	5
1	INLEIDING..... 7
1.1	Probleemstellingen..... 7
1.1.1	Schurftaantastingen als praktijkprobleem..... 7
1.1.2	Gebrek aan fundamentele en strategische kennis 7
1.1.3	Berekening met oppervlaktewater ter bestrijding van gewone schurft verval..... 8
1.2	Doelstellingen 8
1.2.1	Aangrijpingspunten voor schurftbestrijding door fundamenteel en strategisch onderzoek..... 8
1.2.2	Praktische alternatieven voor berekening met oppervlaktewater ter bestrijding van gewone schurft 8
2	EPIDEMIOLOGIE VAN SCHURFTSOORTEN 9
2.1	Schurft en de veroorzakende organismen 9
2.1.1	Streptomyceten: gewone en netschurft..... 9
2.1.2	Protozoa: poederschurft..... 10
2.2	Levenscyclus en pathogenese 10
2.2.1	Gewone schurft..... 10
2.2.2	Netschurft 11
2.2.3	Poederschurft..... 11
2.3	Innovatieve oplossingsrichtingen 11
2.3.1	Identiteit en stabiliteit pathogeen complex..... 12
2.3.2	Detectie en schadevoorspelling..... 12
2.3.3	Genetische en microbiële resistentie 13
2.3.4	Bestrijding 14
2.4	Geraadpleegde literatuur 15
3	PRAKTISCHE ALTERNATIEVEN VOOR BEREKENING MET OPPERVLAKTEWATER 21
3.1	Inleiding 21
3.2	Alternatieven voor oppervlaktewater 21
3.2.1	Bodem..... 21
3.2.2	Bemesting..... 23
3.2.3	Pesticiden 26
3.2.4	Oogsttijdstip 27
3.2.5	Antagonisten 27
3.2.6	Regen opwekken..... 27
3.2.7	Ontsmet oppervlaktewater 27
3.2.8	Leidingwater 28
3.2.9	Bronwater 28
3.2.10	Ontzilting van zout (bron)water 31
3.3	Conclusies..... 31
3.4	Lezingen en artikelen 32
3.4.1	Lezingen 32
3.4.2	Artikelen..... 32
3.5	Geraadpleegde literatuur 32

4	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN.....	39
4.1	Conclusies.....	39
4.2	Aanbevelingen	39

Samenvatting

In de bestrijding van gewone schurft, poederschurft en netschurft op aardappelen is in de praktijk reeds sinds langere tijd geen wezenlijke vooruitgang geboekt. Ondanks feit dat in binnen- en buitenland veel onderzoek naar deze schurftsoorten is verricht, zijn hieruit geen nieuwe praktische methoden voor bestrijding of beheersing voortgekomen. Een acuut probleem in de praktijk van de aardappelteelt is dat één van de meest effectieve methoden om schurftaantasting te voorkomen – beregenen – voor een flink aantal telers niet meer beschikbaar is als gevolg van het verbod om met oppervlaktewater te beregenen op (poot)aardappelen.

Dit rapport verslaat in de eerste plaats de stand van zaken voor wat betreft de kennis van de epidemiologie van genoemde drie schurftsoorten en welke aanknopingspunten voor onderzoek daarin te vinden zijn. Deze aanknopingspunten bieden kansen om te komen tot nieuwe praktische bestrijdings- en beheersingsmethodieken.

In de tweede plaats wordt beschreven wat op dit moment de praktische alternatieven zijn voor beregening met oppervlaktewater, en hoe zij zich qua effect en kosten tot de laatstgenoemde verhouden.

1 Inleiding

1.1 Probleemstellingen

1.1.1 Schurftaantastingen als praktijkprobleem

Het uiterlijk van aardappelknollen kan nadelig worden beïnvloed door diverse schurftpathogenen, waarvan de draadvormende bacterie *Streptomyces scabiei* de bekendste is als veroorzaker van gewone schurft. Ook netschurft (*Streptomyces reticuliscabiei*) komt voor in Nederlandse aardappelpercelen. Ook geheel andere bodemgebonden organismen kunnen schurftsymptomen veroorzaken, zoals de protozoa *Spongospora subterranea*, de veroorzaker van poederschurft. De schurftaantasting van de knollen leidt bij relatief lage niveaus reeds tot afzetproblemen bij zowel consumptieaardappelen (met name tafelaardappelen) en pootgoed. De mate en aard van deze problemen verschillen voor de schurftsoorten. Daarnaast kan schurft een invalspoort zijn voor andere ziekteverwekkers en kan in de aantasting vuil ingesloten raken, hetgeen voor zetmeelaardappelen een negatief gevolg is. Alleen bij hoge niveaus van (diepe) aantasting wordt de groei van het pootgoed aangetast, deze niveaus liggen ver boven de grenzen van aantasting die voor pootaardappelen worden geaccepteerd.

Een eerste onderzoekkundig, maar ook praktisch probleem is dat het in veel gevallen moeilijk of vrijwel onmogelijk is om met het blote oog met zekerheid vast te stellen welke schurftsoort(en) voor een geconstateerde aantasting verantwoordelijk zijn.

Het is al lang bekend dat gewone schurft niet tot hoge aantastingsniveaus leidt wanneer de bodem in de periode van knolaanleg vochtig is. Sinds de zestiger, zeventiger jaren van de vorige eeuw wordt aantasting door gewone schurft vermeden door het gewas te beregenen tijdens de kritieke fase van knolzetting. Ook andere maatregelen (bemesting, pH, techniek) lijken enig effect te sorteren maar zijn minder effectief en bedrijfszeker. Minder vatbare rassen kunnen op bepaalde gevoelige gronden enige weerstand bieden tegen bepaalde vormen van schurft en niet tegen andere vormen, zoals poeder- en netschurft. Echt resistente rassen tegen gewone schurft zijn er echter niet. De laatste jaren, sedert de bruinrotproblematiek, wordt beregening met oppervlaktewater sterk afgeraden of is reeds verboden. Aan andere bronnen van beregeningswater, zoals bronwater, kleven milieukundige bezwaren of kunnen alleen van plaatselijk belang zijn. Voor de middenlange termijn zouden alternatieve waterbronnen of de ontsmetting van oppervlaktewater een tijdelijke of plaatselijke oplossing kunnen bieden. De haalbaarheid van chemische en biologische ontsmetting van potentieel met bruinrot besmet oppervlaktewater vormt thans onderwerp van nadere studie, maar met name borging om in de praktijk tot een risicoloze toepassing te komen vormt een belangrijk probleem. Voor de lange termijn zal daarom liever omgezien moeten worden naar geheel andere en innovatieve oplossingen.

1.1.2 Gebrek aan fundamentele en strategische kennis

Ten aanzien van de bestrijding van verschillende schurftsoorten is er een situatie ontstaan waarin pas wezenlijke vooruitgang kan worden geboekt wanneer in de epidemiologie met fundamenteel/strategisch onderzoek nieuwe aangrijpingpunten voor bestrijdingsstrategieën kunnen worden gevonden.

Er is veel (praktijkgericht) onderzoek gedaan aan beregening, druppelirrigatie en de inzet van verzurende meststoffen en beddenteelt, zowel in relatie tot opbrengst als bestrijding van gewone schurft (*Streptomyces scabies*). Beregening geeft goede resultaten, maar is in veel gevallen niet meer mogelijk. De andere maatregelen zijn een verre van volwaardig alternatief voor beregening. Door een gebrek aan fundamentele en epidemiologische kennis van de ziekte is ook de exacte werking van deze praktische maatregelen niet bekend. Het ontbreekt tevens aan éénduidige toets- en detectiemethodieken om de aanwezigheid van soorten en groepen in percelen vast te stellen. Dit soort toetsen is in de eerste plaats nodig om zinvol onderzoek te kunnen uitvoeren en in de tweede plaats om – in relatie tot de te verbouwen rassen – een zekere voorspelling te doen over de kans op en mate van potentiële aantasting en in de derde plaats om beheers- en bestrijdingsmethoden op hun effectiviteit en bedrijfszekerheid te toetsen.

Een complicatie van de tegen gewone schurft goed werkende beregening is dat het twee andere schurftsoorten kan stimuleren: poederschurft (*Spongospora subterranea*) en netschurft (*Streptomyces reticuliscabiei*). De epidemiologische kennis van ook deze twee schurftsoorten is niet compleet. In de leemtes van de epidemiologische kennis kunnen potentiële alternatieve oplossingen voor het voorkomen van aantastingen verborgen zijn.

1.1.3 Beregening met oppervlaktewater ter bestrijding van gewone schurft vervalt

Een flink deel van pootgoedtelend Nederland zit acuut zonder de mogelijkheid van beregening met oppervlaktewater. Dit als gevolg van de sterke uitbreiding van de verbodsgebieden in verband met de besmetting van het oppervlaktewater met de bruinrotbacterie. De sector heeft inmiddels besloten tot een integraal verbod op beregening van pootaardappelen met oppervlaktewater, ingaande teeltseizoen 2005. Telers hebben op korte termijn behoefte aan een totaaloverzicht van wat op dit moment in de praktijk de alternatieven voor het gebruik van oppervlaktewater zijn en welke globale financiële consequenties deze alternatieven hebben.

1.2 Doelstellingen

1.2.1 Aangrijpingspunten voor schurftbestrijding door fundamenteel en strategisch onderzoek

Het resultaat van het eerste projectonderdeel moet zijn: duidelijkheid of er in de literatuur aangrijpingspunten te vinden zijn in de epidemiologie van de drie schurftsoorten waaruit nieuwe praktijkoplossingen ter beheersing van schurft kunnen worden ontwikkeld.

Diepgaand literatuuronderzoek over de schurftpathogenen die gewone schurft, poederschurft en veroorzaken. Het gaat hierbij om de eigenschappen van de ziekteverwekkers (soorten, levenscycli en virulentie) in relatie tot de aardappel (genetische en microbiële resistentie) tot vaste omstandigheden (fysisch, chemisch en biologisch) en variabele omstandigheden (weer, klimaat). Het vinden van aanknopingspunten voor effectieve teelt- en beheersmaatregelen van de ziektes heeft de hoogste prioriteit. Hierbij wordt ook de vraag beantwoord welke rol detectie (soorten, groepen) kan spelen bij de bestudering (epidemiologie, ziekte-expressie) en beheersing (oplossingen) van schurftproblemen op middenlange termijn.

Het doel van dit onderzoeksdeel is te komen tot onderzoeksstrategieën die leiden tot innovatieve, praktische beheersmaatregelen van één of meer van de drie schurftsoorten.

1.2.2 Praktische alternatieven voor beregening met oppervlaktewater ter bestrijding van gewone schurft

Het resultaat van dit projectonderdeel is een overzicht waaruit telers kunnen afleiden wat voor hen in de praktijk de alternatieven kunnen zijn voor oppervlaktewater bij de bestrijding van gewone schurft en wat globaal de financiële gevolgen van deze alternatieven zijn.

Hiertoe is een totaaloverzicht gemaakt op basis van binnen- en buitenlands onderzoek naar de effecten van irrigatie van (poot)aardappelen en van de daarbij gebruikte technieken, van de zoutgehalten van het toegediende water en van (mest)stoffen op opbrengst en aantasting door gewone schurft. Hierbij is studie naar de belangrijkste (bedrijfs)economische consequenties van voornoemde zaken inbegrepen alsmede van zaken als aanvoer en gebruik (bijmenging) van zoet water.

Gebaseerd op dit literatuuronderzoek is een presentatie gemaakt die eind januari 2003 in Friesland voor telers werd gehouden. Tevens zijn er vakbladartikelen verschenen om de kennis en informatie ook op die wijze uit te dragen.

Het doel van dit onderdeel is telers die niet meer met oppervlaktewater kunnen beregenen zo snel mogelijk van zo veel mogelijk informatie te voorzien waarmee zij een alternatieve strategie voor de bestrijding van gewone schurft kunnen bepalen.

2 Epidemiologie van schurftsoorten

2.1 Schurft en de veroorzakende organismen

Schurft is een verzamelaanduiding van oppervlakkige aandoeningen van de schil van de aardappelknol. Er zijn verschillende ziekteverschijnselen beschreven onder de stamnaam -schurft; gewone schurft (*Streptomyces scabiei*), netschurft (*Streptomyces reticuliscabiei*), pukkelschurft (*Polyscytalum pustulans*), poederschurft (*Spongospora subterranea*), pitschurft (*Streptomyces* spp.), zilverschurft (*Helminthosporium solani*), lakschurft (*Rhizoctonia solani*). Er is een grote variatie van organismen (bacteriën, schimmels en protozoa) die alle een oppervlakkige aandoening van de schil kunnen veroorzaken. Schurft wordt gezien als een complex van ziekten, vanwege de diversiteit aan veroorzakers en symptomen. Het literatuuronderzoek is afgebakend tot gewone en netschurft, en poederschurft, mede op grond van de huidige schadebeelden in Nederland (Bus, 2002). Voor beschrijving van symptomen en plaatjes wordt verwezen naar Mulder en Turkensteen (2002).

2.1.1 Streptomyceten: gewone en netschurft

Streptomyceten vormen een taxonomische eenheid (genus *Streptomyces*) binnen de familie Streptomycetaceae, welke gerekend wordt tot de actinomyceten of straalschimmels. Streptomyceten zijn geen schimmels maar draadvormige bacteriën (grampositieve prokaryoten). Ze vormen een complexe netwerk (mycelium) van (septumloze) draden (hyphen), waarmee de bacterie voedingsstoffen betreft uit gekoloniseerd substraat. Nieuwe sporen worden gevormd door fragmentatie van speciale luchthyphen. Er bestaat veel belangstelling voor deze groep van bacteriën vanwege de grote verscheidenheid aan secundaire metabolieten als bron voor nieuwe medicijnen en gewasbeschermingsmiddelen. Vanwege dit economisch belang (patent) zijn enkele honderden streptomyceten beschreven, aanzienlijk meer dan op taxonomische grond verdedigbaar is. Een vereenvoudiging en onderbouwing daarvan is recent gepubliceerd in Anderson en Wellington (2001).

2.1.1.1 Gewone schurft

Streptomyces scabiei wordt gezien als de belangrijkste veroorzaker van gewone schurft en komt mondiaal voor op aardappelknollen. De soort is niet alleen pathogeen in aardappel maar het waardspectrum sterkt zich uit tot diverse wortelgewassen, zoals peen, radijs en suikerbiet.

Recent taxonomisch onderzoek geeft enig licht op de positie van stammen die gewone en netschurft veroorzaken. Het betreft een analyse van Europese, met name Franse isolaten, afkomstig van schurftaangetaste aardappelknollen. DNA-sequentie analyse laat zien dat gewone schurft naast *S. scabiei* (Paradis et al., 1994) ook door andere soorten veroorzaakt kan worden, namelijk *S. acidiscabies* (Lambert en Loria, 1989), *S. caviscabies* (Goyer et al., 1996), *S. turgidiscabies* (Miyajima et al., 1998) en een restgroep (Doering-Saad et al., 1992; Boucek-Mechiche et al., 1998). Van deze restgroep zijn er onlangs twee beschreven als *S. europaeiscabiei* en *S. stelliscabiei* (Boucek-Mechiche et al., 2000). *Streptomyces turgidiscabies* wordt in verband gebracht met pitschurft, een ziektebeeld vergelijkbaar met gewone schurft maar zich onderscheidt door relatief diepe schurftplekken (Kreuze et al., 1999).

2.1.1.2 Netschurft

Naast gewone schurft komt netschurft (*Streptomyces reticuliscabiei*) voor op aardappel, deze veroorzaakt oppervlakkige symptomen op knollen en wortels (Scholte Labruyère, 1985). Een variant van de Europese netschurft is bekend in de USA en Japan als 'russet scab', met vergelijkbaar symptoom als netschurft, maar veroorzaakt door *S. aureofaciens* (Faucher et al., 1993) en andere thans onbekende *Streptomyces* soorten (Oniki et al., 1986). Voor netschurft is minder taxonomische informatie beschikbaar. De verwachting is dat het ook bij netschurft gaat om een ingewikkeld complex aan genetische soorten die moeilijk op uiterlijke kenmerken te herkennen zijn (Toth et al., 2001).

2.1.2 Protozoa: poederschurft

De veroorzaker van poederschurft behoort tot de Plasmodiophorales, een monophyletische groep (Braselton, 1995) van obligaat parasitair levende protozoa, waaronder een aantal bekende plantpathogene zoals *Plasmodiophora brassicae* en *Polymyxa betae*, als veroorzakers van respectievelijk knolvoet bij kool en rhizomanie in suikerbiet. Deze schimmels spelen als vectoren een belangrijke rol bij de overdracht van virusziekten. *Spongospora subterranea* is bekend als drager en vector van het aardappelzwabbertopvirus (PMTV) en als zodanig voor de export van pootgoed een gevreesd pathogeen (o.a. Weingartner et al., 2001; Sandgren et al., 2002). Op waardplantniveau worden twee groepen (formae specialis) onderscheiden, f.sp. *subterranea* pathogeen op aardappel en tomaat, en f. sp. *nasturtii* pathogeen op waterkers. Down et al. (2002) tonen echter aan dat beide groepen aanzienlijk minder verwant zijn aan elkaar en dat er eerder sprake is van twee afzonderlijke genetische soorten.

Commentaar ten aanzien van schurftveroorzakende organismen:

Er bestaan meerdere soorten (bekende en thans onbekende) bij schurft, waarvan er een aantal genetisch gekarakteriseerd zijn (16S rDNA). Net- en gewone schurft worden door verschillende groepen Streptomycten veroorzaakt; het is de vraag of er tussen de groepen voldoende en stabiele genetische verschillen zijn (en onderling relatief weinig) om te kunnen spreken over twee verschillende pathogenen of pathogeencomplexen. Deze vraag is onderzoekbaar d.m.v. 16S rDNA sequentie analyse; op subsoort niveau zijn Streptomycten complex. De veroorzaker van poederschurft, *S. subterranea*, is helder omschreven en geeft vooralsnog geen aanleiding tot verder onderzoek.

2.2 Levenscyclus en pathogenesis

2.2.1 Gewone schurft

2.2.1.1 Ecologie

Streptomyces scabiei kan goed overleven op dood organisch materiaal. Daarnaast kan de bacterie indirect ook levende plantencellen gebruiken als voedselbron tijdens zijn pathogene fase. De knolschil (periderm) biedt voldoende bescherming tegen infectie. Echter, jonge lenticellen en verse verwondingen vormen belangrijke besmettingsroutes voor pathogene Streptomycten. Onder voor de schimmel gunstige omstandigheden leidt een besmetting ook daadwerkelijk tot een schurftplek en schade op de aardappelknol. Het is een ervaringsfeit dat schurftgevoeligheid vrijwel geheel terug te voeren is op vochtcondities in de grond tijdens knolzetting. Vochtige grond tijdens knolzetting geeft geen of sterk verminderde schade terwijl droge grond schurftgevoelig is. Beregenen is dan ook aan beproefde beheersingsmethode gebleken. Wetenschappelijk is niet duidelijk wat het onderliggend werkingsmechanisme is. Streptomycten staan bekend om hun vermogen om onder (extreem) droge omstandigheden te kunnen groeien; ze beschikken blijkbaar over een competitief voordeel ten opzichte van overige microflora. Lewis (1962 en 1970) vond onder droge omstandigheden veel meer streptomycten in lenticellen dan onder vochtige omstandigheden; voor de overige microbiële microflora was dit juist andersom (Labruyère, 1971). Hieruit is de (algemeen geaccepteerde) hypothese ontstaan die veronderstelt dat in vochtige grond de competitie met schurft verschuift ten gunste van de microflora. Wellicht stelt het bodemvocht de overige microbiële microflora in staat om de lenticellen sneller te bereiken dan het 'mycelium' van *S. scabiei*. De hypothese 'microbiële competitie in lenticellen' als onderliggend werkingsmechanisme is wetenschappelijk nog niet geverifieerd.

2.2.1.2 Pathogenesis en virulentie

Bij het infectieproces spelen fytotoxische stoffen een belangrijke rol. *Streptomyces scabiei* produceert in interactie met de waardplant een dergelijke stof, thaxtomine (THAX) genaamd. Er zijn belangrijke aanwijzingen dat THAX (4-nitroindol-3-yl-containing 2,5-dioxopiperazine) een vereiste is bij de ontwikkeling van schurftsymptoom (King et al., 1991; Healy et al., 2000). Aanvankelijk reageert de plantencel op THAX met celvergroting (hypertrofie) en interne disorganisatie van de celwand (Fry en Loria, 2002) en celinhoud

(Goyer et al., 2000). De interactie leidt tot celsterfte en uiteindelijk tot de welbekende schurftplekken. De relatie THAX en symptoomexpressie is kwantitatief en beperkt zich niet alleen tot lenticellen van de aardappelknol. Stammen met een hoge THAX synthese geven grote schurftplekken en stammen met een lage productie kleine schurftplekken (Kinkel et al., 1998); groeiachterstand en wortelverdikking is bij een groot aantal gewassen vastgesteld (Leiner et al., 1996). In de grond, in wortels en in schurftplekken voorkomende *S. scabiei* komen virulente en minder (niet virulente en saprofytische (niet-virulente) stammen voor, als ook niet-verwante soorten die wel gewone schurft veroorzaken (Doubou et al., 2001). Er zijn aanwijzingen dat er een positief verband bestaat tussen virulentie en THAX synthese enerzijds en de aanwezigheid van een gencomplex 'nec1' genaamd anderzijds (Bukhalid et al., 1998; 2002). Alle *Streptomyces* soorten die op aardappel gewone schurft symptomen veroorzaken zijn nec1-positief; niet-pathogene *S. scabiei* stammen zijn nec1-negatief (Kreuze et al., 1999). THAX-deficiënte mutanten (nec1-negatief) zijn niet meer in staat schurft te veroorzaken; deze mutanten kunnen weer 'pathogeen' gemaakt worden door transfectie met een NEC1-cosmide (Healy et al., 2000). Transfectie met nec1-vectoren en restauratie van THAX-deficiëntie door transfectie is niet alleen mogelijk bij *S. scabiei* maar ook bij niet-verwante *Streptomyces* (Bukhalid et al., 2002).

2.2.2 Netschurft

Over de specifieke levenscyclus en pathogenese van netschurft pathogenen is weinig bekend. Wel is duidelijk dat de netschurftpathogenen geen THAX produceren (Toth et al., 2001) en derhalve zich van een ander mechanisme bedienen tijdens pathogenese. Ook vanuit de beheersingskant lijken netschurft streptomycesen te verschillen van gewone schurft streptomycesen; het effect van beregening is neutraal of bevordert netschurft.

2.2.3 Poederschurft

In tegenstelling tot gewone en netschurft wordt poederschurft veroorzaakt door een biotroof organisme dat voor zijn groei geheel afhankelijk is van een levende waardplant, zoals recentelijk opnieuw is bewezen (Qu et al., 2001). De protozo blijft als rustspore (cystosorus) over in de grond en na stimulering via wortellexudaten kiemen de sporen en ontstaan zwemsporen (zoosporen) die de plant (wortels, stolonen) kunnen infecteren. Koele en vochtige omstandigheden zijn dan ook bevorderlijk voor ontstaan en uitbreiding van poederschurft (Stachewicz en Enzian, 2001). Na infectie ontstaan via secundaire zoosporen kenmerkende wratten en pokken op de knollen met nieuwe rustsporen. Het is een ervaringsfeit dat de verschillende schurftsymptomen morfologisch niet altijd en eenduidig te onderscheiden zijn en mengvormen komen ook voor. Met het oog op beheersing zijn de volgende observaties van belang: er zijn vele waardplanten verdeeld over alle families die voor commerciële teelt van belang zijn (o.a. Andersen et al., 2001). Echter, alleen Solanaceae gewassen zijn vatbaar voor PMTV en maken de vorming van cystosori mogelijk. Er is dus sprake van specificiteit; alleen aardappel, zwarte nachtschade en tomaat dragen bij aan virusproductie en epidemiologie van de vector *S. subterranea*.

Commentaar ten aanzien van pathogeniteit:

De pathogeniteit van gewone schurft *Streptomyces* hangt samen met THAX synthese, waarvoor een gencomplex is geïdentificeerd dat hiermee is geassocieerd. Dit is aangetoond door middel van genoverdracht van nec1 genen naar niet virulente streptomycesen. Het is de vraag of virulentie (nec1) ook overgedragen kan worden naar netschurft veroorzakende streptomycesen. Het aantastingsmechanisme van netschurft veroorzakende streptomycesen berust evenwel niet op THAX, maar op een thans onbekend mechanisme. Het aantastingsmechanisme van poederschurft veroorzakende *S. subterranea* is in detail nog niet opgehelderd; het is niet waarschijnlijk dat fytotoxinen hierbij een rol spelen.

2.3 Innovatieve oplossingsrichtingen

Mede op basis van de recente literatuur zal in deze paragraaf een innovatieve oplossingsrichting worden beschreven, inclusief uitwerking in een globaal stappenplan. De recente literatuur biedt geen kant-en-klare integrale oplossingen voor schurftproblemen in de aardappelteelt. De literatuur duidt wel op een groot

aantal kennisleemten in het schurftverhaal, met name identiteit en stabiliteit van gewone en netschurft veroorzakende streptomyceten, en de tegengestelde effecten van beheersmaatregelen bij integrale schurftbestrijding. In het hiernavolgende worden drie oplossingsrichtingen uitgewerkt gericht op schadevoorspelling, genetische en microbiële resistentie en bestrijding. Echter, om zinvol onderzoek te kunnen doen, is basiskennis nodig over de schurft veroorzakende streptomyceten.

2.3.1 Identiteit en stabiliteit pathogeen complex

Voor het doen van goed onderzoek en perspectiefvolle oplossingsrichtingen te evalueren, is het nodig om de schurft veroorzakende streptomyceten te kunnen beschrijven in termen van soorten en soortcomplexen en na te gaan of er uitwisseling van genetische informatie kan plaatsvinden binnen en tussen soortcomplexen van gewone en netschurft veroorzakende streptomyceten. Met deze kennis kunnen de beide groepen genetisch gekarakteriseerd worden om vervolgens detectie en identificatiemethoden te ontwikkelen. In de literatuur is veel (maar fragmentarische) biologische en genetische informatie beschikbaar (16S rDNA en nec1 DNA-sequenties) van de diverse streptomyceten. Met deze beschikbare informatie, aangevuld met Nederlandse isolaten, kunnen we efficiënt onderzoek doen naar de identiteit en de stabiliteit van beide pathogeencomplexen. Voor poederschurft zijn inmiddels gevoelige en specifieke identificatie en (kwantitatieve) detectiemethoden beschikbaar (Bulman en Marchall, 1998; Ward en Adams, 1998; Bell et al, 1999; Montero-Astua et al., 2002) en inmiddels operationeel bij diverse laboratoria in Nederland. PRI beschikt over een uitgebreid internationaal netwerk voor het verzamelen van isolaten en maakt gebruik van internationale DNA-databases.

Stappenplan

1. Verzamelen van isolaten en genetische informatie uit collecties en DNA-database; isolatie van Streptomyceten uit symptoomdragende knollen afkomstig van Nederlandse percelen met een verschillende gevoeligheid voor schurft.
2. Verzamelen en analyse genetische informatie (o.a. 16S rDNA en nec1); karakteriseren van gewone en netschurft veroorzakende streptomyceten.
3. Transfectieproeven met NEC1-plasmiden tussen en binnen geselecteerde streptomyceten;
4. Op basis van DNA-sequenties ontwikkelen van schurftspecifieke detectie- en identificatiemethoden voor onderzoeksdoeleinden (2.3.2.) en ter ondersteuning schurftkeuring.
5. Parallel aan 1...4: Operationeel maken van een biotoets voor routinematige toetsen op pathogeniteit, resistenties en bestrijding; voor poederschurft zijn verschillende biotoetsen beschikbaar.

Resultaat

Dit onderzoek levert inzicht in de diversiteit van pathogene Streptomycessoorten en levert onderzoeksmethoden (detectie en identificatie methoden en biotoets) voor gewone en netschurft veroorzakende streptomyceten. Hiermee kan ook aangetoond worden of subsoorten specifiek bij bepaalde waardplanten behoren.

2.3.2 Detectie en schadevoorspelling

De hoeveelheid aanwezige grondvoorraad inoculum van een ziekteverwekker kan dienen als maat voor de te verwachte schade. Voor schurft zijn in dit verband aanwijzingen gevonden: hoe meer inoculum hoe hoger de schade. Deze positieve relatie is gebaseerd op zowel een semi-selectieve uitplaatmethode (Conn et al., 1998) als op PCR-methoden (Cullen et al., 2000; Nava et al., 2001; Crump et al., 2003). Echter, de beschikbare methoden zijn semi-kwantitatief en –selectief. Een verbeterde methode, zowel in kwantitatief opzicht als specificiteit (gewone en netschurft veroorzakende streptomyceten) kan een bruikbaar beslis en managementinstrument opleveren, zoals bepleit door Sadowsky et al. (1996). Een risicofactor vormt de aanwijzingen dat het belang van primair inoculum (in grond, op pootgoed) voor schade (ziekte-expressie) overschaduwd wordt door variabele weersfactoren (neerslag) ten tijde van knolzetting. Te ontwikkelen methodieken voor schadevoorspelling zullen dan ook alleen een inschatting kunnen geven van de potentiële aantasting.

Stappenplan

1. Opsporen van schurftgevoelige (+) en -ongevoelige (-) percelen op diverse grondsoorten, bij voorkeur

- met een beschreven historie.
2. Met de gegevens van 2.3.1 ontwikkelen van een kwantitatieve PCR-methode (Taqman) op THAX of nec1-genen; valideren in biotoets (modelsysteem) met kunstmatige besmetting van grond en van miniknollen.
 3. Go-NoGO voor schadevoorspelling aan de hand van grond- en knolmonsters in praktijkpercelen: Ontwikkelen van een bemonsteringsmethode en validatie van de detectie in samenwerking met PPO en telers.
 4. Evaluatie van velddata en vaststelling van kritische drempelwaarden voor schadevoorspelling.

Resultaat

Een operationele methode voor de detectie van pathogene *Streptomyces* in grond en knolmonsters t.b.v. schadevoorspelling. Dit zal behulpzaam zijn bij het voorspellen van de potentiële schurftaantasting, de zekerheid van een geringe potentiële aantasting – ook al blijft natuurlijke neerslag uit tijdens knolzetting – heeft belangrijke praktische waarde en de toets kan functioneren als zekerheidstelling bij gronduitruil t.b.v. aardappelteelt. PRI heeft veel ervaring met het ontwikkelen en valideren van detectiemethoden, zowel kwalitatief als kwantitatief (Taqman).

2.3.3 Genetische en microbiële resistentie

In *Solanum* spp. (Hosaka et al., 2000), in bepaalde aardappelrassen (Darsow, 2002) en in bepaalde klonale lijnen van aardappelras Russet Burbank (Wilson, 2001) zijn belangrijke genenbronnen zijn beschikbaar tegen gewone schurft. Een belangrijk in de literatuur beschreven resistentiemechanisme is gebaseerd op het onschadelijk maken (detoxificatie) van THAX. Zowel bepaalde plantensoorten (Acuna et al., 2001) als de bacterie *Bacillus mycoides*, (King et al., 2000) zijn hiertoe in staat. Een mogelijk mechanisme hierbij is glucosylatie: glucose blijkt THAX-activiteit sterk te remmen; fructose daarentegen doet de productie van THAX sterk toenemen (EL Sayed, 2001). Tegen netschurft zijn de meeste aardappelrassen resistent; de rassen Bintje en Desiree blijken opvallend vatbaar. Ten aanzien van poederschurft zijn eveneens vatbare en resistente rassen bekend; resistentie is partieel en dikwijls afhankelijk van omgevingsfactoren, zoals temperatuur (Bus, 1999; Wastie 1991; Genet et al., 1995; Keiser et al., 2002). Volgens Karling (1968) is het niet zeker dat partiële resistentie ook duurzaam is.

Naast de genetische resistentie wordt ook microbiële resistentie beschouwd waarbij planteigen endofytische microflora betrokken is. De hoeveelheid en diversiteit van endofyten in aardappel (weefsel en vaatsysteem) is omvangrijker dan aanvankelijk waargenomen en niet-kweekbare vertegenwoordigers vormen een belangrijk aandeel. (Sessitsch et al., 2002). Opvallend is de waarneming dat aan *S. scabiei* gerelateerde soorten een endofytisch levenswijze hebben en in relatief hoge dichtheden voorkomen in een tegen *S. scabiei* resistent aardappelras. Endofyten en hun gebruikswaarde in de praktijk staan nog in de kinderschoenen. Er zijn voldoende aanwijzingen dat er resistentiebronnen bestaan; er zijn duidelijke rasverschillen voor gewone, net- en poederschurft. Over de duurzaamheid ervan (genetische basis) en samenhang met andere resistenties en met microbiële resistentie (endofyten) zijn weinig bruikbare gegevens bekend. Voorts is het niet altijd duidelijk welk deel van resistenties genetisch bepaald is en welk deel door externe omstandigheden (Bouchek-Mechiche et al., 2000). Voor ontwikkelen van duurzame resistenties zijn essentiële gereedschappen nodig (representatieve isolaten, resistentiekenmerken) nodig die momenteel niet beschikbaar zijn. PRI beschikt over technologie en expertise voor opsporen van merkers t.b.v. merkergestuurde resistentieveredeling.

Stappenplan

1. Samenstellen en karakteriseren van een representatieve testset van schurftpathogenen (gewone en netschurft en poederschurft) en van de condities voor optimale ziekte-expressie.
2. Opsporen van morfologische (celwandverdikking, celdeling en –dood, verkurking) en chemische (afbraak THAX) resistentiekenmerken en het vaststellen van de consistentie van afweerreacties in aardappelsoorten onder diverse omgevingsfactoren.
3. Opsporen en mapping van DNA-sequenties gerelateerd aan resistentie en de ontwikkeling van merkers t.b.v. merkergestuurde resistentieonderzoek.
4. Met behulp van 1 tot en met 3: Conventionele en merkergestuurde resistentie veredeling; een traject uit te voeren door veredelingsbedrijfsleven in samenhang met andere veredelingsdoelen.

Resultaat

Een referentieset van karakteristieke en representatieve schurftpathogenen; consistente resistentiekenmerken en aanknopingspunten voor resistentieveredeling.

2.3.4 Bestrijding

Praktijkproeven laten duidelijk zien dat droogte van de grond in de periode van knolaanleg bepalend is voor de ontwikkeling van gewone schurft; beregening is veruit de meest effectieve beheersmethode (Bus, 2002). Zoals eerder aangegeven is het niet duidelijk welke onderliggende mechanismen hierbij een rol spelen. Gebrek aan vocht zou leiden tot een competitief voordeel van het pathogene deel van de microflora in de lenticellen. Naast vocht als bestrijdingsmethode zijn er ook bepaalde bacteriesoorten, zoals bijvoorbeeld *Streptomyces mirabilis*, die THAX versneld kunnen afbreken (Doubou et al., 1998; King et al., 2000) en daarmee de schade door schurft kunnen verminderen. Knolbehandeling met antagonistische *Bacillus subtilis* (Schmiedeknecht et al., 1998) of een mengsel van *Pseudomonas* en *Streptomyces* spp. (Marten et al., 2001) resulteerde in een pathogeen-brede bescherming tegen onder meer gewone schurft. Een beschermend effect is ook waargenomen bij knolbehandeling met niet-pathogene *Streptomyces* spp. (Ryan en Kinkel, 1997; Neemo-Eckwall et al., 2001). Recentelijk is ook een publicatie verschenen over bacteriofagen en hun perspectieven voor knolontsmetting (McKenna et al., 2001). Deze onderzoekers tonen aan dat een knolbehandeling met fagen kan leiden tot een effectieve ontsmetting van pootgoed in het veld; aldus ontsmet pootgoed geeft minder schurft op geogoste knollen. In hoeverre dit het gevolg is van alleen uitschakeling van knolinoculum of dat er ook een werking is op grondinoculum is hieruit niet duidelijk. Ook Wilson et al. (1999) tonen het belang aan van schoon of (chemisch) ontsmet pootgoed ter verhoging van de kans op een schurftvrije oogst. Voor Poederschurft wordt eveneens knolontsmetting aangeraden en stomen blijkt zeer effectief (Afek en Orenstein, 2002). Toepassing van compost, organisch meststoffen en bijproducten van productieketens kunnen interessante ziekte-onderdrukkende werking hebben, hetzij via directe bestrijding of indirect via een verhoogde weerbaarheid van de grond (competitie) of van de plant. Als voorbeeld: toevoeging van ammonium lignosulfaat, een bijproduct van papierproductie, geeft een brede ziekteonderdrukking (onder meer gewone schurft) in aardappel (Lazarovits et al., 2001). Voor net- en poederschurft biedt de literatuur weinig aanknopingspunten voor innovatieve bestrijdingsmethoden of geven tegenstrijdige resultaten. Het gebruik van lokplanten wordt aangemerkt als een perspectievolle methode maar in de praktijk blijkt het effect gering (Winter en Winiger, 1983; 1984).

De literatuur levert een rijk beeld aan microbiële interacties, die met name voor gewone schurft veroorzakende streptomyceten perspectief kunnen bieden voor bestrijding. Ten aanzien van netschurft en poederschurft zijn er duidelijk minder aanknopingspunten voor aanwenden van microbiële interacties als strategie voor bestrijding. De vraag is hoe je microbiële organismen beter zou kunnen benutten om de lenticellen effectiever te beschermen tegen kolonisatie door pathogene streptomyceten. Een innovatief bestrijdingsconcept zou beide elementen moeten verenigen de juiste bestrijdende micro-organismen en de juiste condities voor microbiële interactie met pathogene streptomyceten in en rondom infectieplaatsen. PRI beschikt over een uitgebreide collectie aan microbiële antagonisten en kennis en expertise om antagonisten op te sporen en te screenen in uiteenlopende substraten en milieus.

Stappenplan

1. Analyse van de condities waaronder infectie kan plaatsvinden in lenticellen en van de condities (omgeving en voeding) waaronder effectieve microbiële interacties plaatsvinden, alsmede het vaststellen van de maakbaarheid optimale condities.
2. Opsporen en screenen van effectieve antagonisten (inclusief fagen) volgens een vooraf opgesteld effect- en productprofiel, hierbij wordt gebruik gemaakt van bestaande collecties en het niet-kweekbare deel van de bodemmicroflora.
3. 'Proof of principle' met geselecteerde antagonisten in een modelsysteem (zie 2.3.1.) met kunstmatig besmette (referentiepathogenen) miniknollen in wel en niet gevoelige gewassen bij optimale condities voor microbiële interacties. Bij gunstige effectiviteitscijfers in modelsysteem wordt de bestrijding geverifieerd worden in microplots onder praktijkomstandigheden i.s.m. PPO.
4. Veldexperimenten onder praktijkomstandigheden, vergelijkende analyse van onbehandeld, beregening en toepassing nieuw bestrijdingsconcepten; evaluatie volgens gewasbeschermings, teelttechnische en

economische criteria.

Resultaat

Inzicht in de specifieke omgevingsfactoren voor infectie en microbiële interacties; geselecteerde bacteriële stammen met gegarandeerde antagonistische werking onder een gegeven set realistische omgevingsfactoren; uiteindelijk een gevalideerde en duurzame natuurlijke bestrijdingsmethode op basis van microbiële interacties.

2.4 Geraadpleegde literatuur

Naar de cursief gedrukte titels is in de voorgaande tekst verwezen, in de overige referenties kan aanvullende informatie worden aangetroffen.

- Acuna IA, Strobel GA, Jacobsen BJ, Corsini DL, 2001. Glucosylation as a mechanism of resistance to thaxtomin A in potatoes. Plant Science 161:77-88.*
- Afek U, Orenstein J, 2002. Disinfecting potato tubers using steam treatments. Canadian Journal of Plant Pathology 24:36-39.*
- Akhilesh S, Singh DV, Singh A, 1994. In vitro and in vivo efficacy of chemicals against Streptomyces aureofaciens causing common scab of potato. Plant Disease Research 9:50-52.*
- Andersen BAB, Nicolaisen M, Nielsen SL, Alternative host plants for potato mop-top virus and its vector Spongospora subterranea. In; 18th Danish Plant Protection Conference. IV Abstracts from poster session. DJF-Rapport, Marbrug 42: 25-27.*
- Anderson AS, Wellington EMH, 2001. The taxonomy of Streptomyces and related genera. International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology 51:797-814.*
- Babcock MJ, Eckwall EC, Schottel JL, 1993. Production and regulation of potato-scab-indexing phytotoxins by Streptomyces scabies. Journal of General Microbiology 139:1579-1586.*
- Barker H, Reavy B, McGeachy KD, 1998. High level of resistance in potato to potato mop-top virus induced by transformation with the coat protein gene. European Journal of Plant Pathology 104:737-740.*
- Beausejour J, Goyer C, Vachon J, Beaulieu C, 1999. Production of thaxtomin A by Streptomyces scabies strains in plant extract containing media. Canadian Journal of Microbiology 45:764-768.*
- Becker DM, Kinkel LL, Schottel JL, 1997. Evidence for interspecies communication and its potential role in pathogen suppression in a naturally occurring disease suppressive soil. Canadian Journal of Microbiology 43:985-990.*
- Bell KS, Roberts J, Verrall S, Cullen DW, Williams NA, Harrison JG, Toth IK, Cooke DEL, Duncan JM, Claxton JR, 1999. Detection and quantification of Spongospora subterranea f.sp. subterranea in soils and on tubers using specific PCR primers. European Journal of Plant Pathology 105:905-915*
- Bouchek Mechiche K, Guerin C, Jouan B Gardan L, 1998. Streptomyces species isolated from potato scabs in France: numerical analysis of 'Biotype 100' carbon sources assimilation data. Resource Microbiology 149: 653-663.*
- Bouchek Mechiche K, Gardan L, Normand P, Jouan B, 2000. DNA relatedness among strains of Streptomyces pathogenic to potato in France: description of three new species, S. europaeiscabiei sp. nov. and S. stelliscabiei sp. nov. associated with common scab, and S. reticuliscabiei sp. nov. associated with netted scab. International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology 50:91-99.*
- Bouchek Mechiche K, Pasco C, Andrivon D, Jouan B, 2000. Differences in host range, pathogenicity to potato cultivars and response to soil temperature among Streptomyces species causing common and netted scab in France. Plant Pathology 49:3-10.*
- Bramwell PA, Wiener P, Akkermans ADL, Wellington EMH, 1998. Phenotypic, genotypic and pathogenic variation among streptomycetes implicated in common scab disease. Letters in Applied Microbiology 27:255-260.*
- Braselton JP, 1995. Current status of the plasmodiophorids. Critical Reviews in Microbiology 21: 263-275.*
- Brunt AA, Lawson RH, Potato viruses with soil-borne vectors. In: Virus and virus like diseases of potatoes and production of seed potatoes (Weingartner DP, Loebenstein G, Berger PH, eds). Dordrecht: Kluwer*

- Academic Publishers; 177-194.
- Bukhalid RA, Chung S, Loria R, Chung SY, 1998. *nec1*, a gene conferring a necrogenic phenotype, is conserved in plant-pathogenic *Streptomyces* spp. and linked to a transposase pseudogene. *Molecular Plant Microbe Interactions* 11:960-967.
- Bukhalid RA, Loria R, 1997. Cloning and expression of a gene from *Streptomyces scabies* encoding a putative pathogenicity factor. *Journal of Bacteriology* 179:7776-7783.
- Bukhalid RA, Takeuchi T, Labeda D, Loria R, 2002. Horizontal transfer of the plant virulence gene, *nec1*, and flanking sequences among genetically distinct *Streptomyces* strains in the *Diastatochromogenes* cluster. *Applied and Environmental Microbiology* 68:738-744.
- Bulman SR, Marshall JW, Johnson R, Detection of *Spongospora subterranea* in potato tuber lesions using the polymerase chain reaction (PCR). In: *Proceedings of the 7th international congress of plant pathology*, Edinburgh, UK, 9-16 August 1998: 759-766.
- Bus CB, 1999. Powdery scab; symptoms and cultivar differences. *PAV Bulletin Akkerbouw*:16-17.
- Bus CB, 2002. Onderzoek bestrijding gewone schurft in aardappel. In *PPO project rapport 1154381*, 36 pp.
- Claxton JR, Arnold DL, Clarkson JM, Blakesley D, 1998. The regeneration and screening of watercress somaclones for resistance to *Spongospora subterranea* f.sp. *nasturtii* and measurement of somaclonal variation. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 52:155-164.
- Conn KL, Leci E, Kritzman G, Lazarovits G, 1998. A quantitative method for determining soil populations of *Streptomyces* and differentiating potential potato scab-inducing strains. *Plant Disease* 82:631-638.
- Crump NS, Conn KL, Squire S, Lazarovits G, 2003. Detection and quantification of pathogenic *Streptomyces* spp. in different field soils. *8th International Congress on Plant Pathology ICPP-2003*, Christchurch, New Zealand, 2-7 Februari 2003. *Book of Abstracts*: 83.
- Cullen DW, Lees AK, Toth IK, Bell KS, Duncan JM, Detection and quantification of fungal and bacterial potato pathogens in plants and soil. *EPPO conference on diagnostic techniques for plant pests*, Waddington, Netherlands, 1-4 February 2000. *Bulletin-OEPP* 30: 3-4.
- Darsow U, 2002. Resistance breeding in potato: contribution of genetic plant protection to ecologically-based potato growing. In: *Züchtungsforschung, Pflanzenzüchtung und ökologischer Landbau*, 22-23 November 2001, Quedlinburg, Germany. *Beiträge zur Züchtungsforschung - Bundesanstalt für Züchtungsforschung an Kulturpflanzen* 8: 1, 110-114.
- Doering-Saad C, Kaempfer P., Manulis S, Kritzman G, Schneider J, Zakrzewska-Czermanska J, Schrempfand H, Basash I, 1992. Diversity among *Streptomyces* strains causing potato scab. *Applied Environmental Microbiology* 58: 3932-3940
- Doumbou CL, Akimov V, Beaulieu C, 1998. Selection and characterization of microorganisms utilizing thaxtomin A, a phytotoxin produced by *Streptomyces scabies*. *Applied and Environmental Microbiology* 64:4313-4316.
- Doumbou CL, Akimov V, Cote M, Charest PM, Beaulieu C, 2001. Taxonomic study on nonpathogenic streptomycetes isolated from common scab lesions on potato tubers. *Systematic and Applied Microbiology* 24:451-456.
- Down GJ, Clarkson JM, 2002. Development of a PCR-based diagnostic test for *Spongospora subterranea* f.sp. *nasturtii*, the causal agent of crook root of watercress (*Rorippa nasturtium-aquaticum*). *Plant Pathology* 51:275-280.
- Down GJ, Grenville LJ, Clarkson JM, 2002. Phylogenetic analysis of *Spongospora* and implications for the taxonomic status of the plasmodiophorids. *Mycological Research* 106:1060-1065.
- El Sayed AES, El Sayed El Sayed A, 2001. Production of thaxtomin a by two species of *Streptomyces* causing potato scab. *Acta Microbiologica et Immunologica Hungarica* 48:67-79.
- El Sayed ESA, 2000. Production of thaxtomin a by two species of *Streptomyces* causing potato scab. *Folia Microbiologica* 45:415-422.
- El Sayed ESA, El Didamony G, Mansour K, 2001. Isolation and characterization of two types of actinophage infecting *Streptomyces scabies*. *Folia Microbiologica* 46:519-526.
- Errampalli D, Johnston HW, 2001. Control of tuber-borne black scurf [*Rhizoctonia solani*] and common scab [*Streptomyces scabies*] of potatoes with a combination of sodium hypochlorite and thiophanate-methyl preplanting seed tuber treatment. *Canadian Journal of Plant Pathology* 23:68-77.
- Faucher E, Paradis E, Goyer C, Hodge NC, Hogue R, Stall RE, Beaulieu C, 1995. Characterization of

- streptomycetes causing deep-pitted scab of potato in Quebec, Canada. International Journal of Systematic Bacteriology 45:222-225.*
- Fry BA, Loria R, 2002. Thaxtomin A: evidence for a plant cell wall target. *Physiological and Molecular Plant Pathology 60:1-8.*
- Galal AA, El Mageed YTA, El Hak SHG, Youssef NS, 1999. Some studies on potato common scab disease I. Pathological studies. *Egyptian Journal of Microbiology 34:181-199.*
- Genet RA, Braam WF, Gallagher DTP, Anderson JAD, Lewthwaite SL, 1995. 'Gladiator': a new potato cultivar with high resistance to potato cyst nematode and powdery scab suitable for french fries and fresh market. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science 23: 105-107.*
- Genet RA, Braam WF, Gallagher DTP, Anderson JAD, Lewthwaite SL, 2001. 'Dawn' – a new early-maincrop fresh market/crisping potato cultivar. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science 29:67-69.*
- Germundsson A, Sandgren M, Barker H, Savenkov EI, Valkonen JPT, 2002. Initial infection of roots and leaves reveals different resistance phenotypes associated with coat protein gene-mediated resistance to Potato mop-top virus. *Journal of General Virology 83:1201-1209.*
- Germundsson A, Sandgren M, Savenkov E, Valkonen J, 2000. Spraing in potato – a complicated problem with several causes. *Vaxtskyddsnotiser 64:3-4.*
- Goyer C, Beaulieu C, 1997. Host range of streptomycete strains causing common scab. *Plant Disease 81:901-904.*
- Goyer C, Charest PM, Toussaint V, Beaulieu C, 2000. Ultrastructural effects of thaxtomin A produced by *Streptomyces scabies* on mature potato tuber tissues. *Canadian Journal of Botany 78:374-380.*
- Goyer C, Faucher E, Beaulieu C, 1996. *Streptomyces caviscabies* sp. nov., from deep-pitted lesions in potatoes in Quebec, Canada. *International Journal of Systematic Bacteriology 46:635-639.*
- Goyer C, Otrysko B, Beaulieu C, 1996. Taxonomic studies on streptomycetes causing potato common scab: a review. *Canadian Journal of Plant Pathology 18:107-113.*
- Goyer C, Vachon J, Beaulieu C, 1998. Pathogenicity of *Streptomyces scabies* mutants altered in thaxtomin A production. *Phytopathology 88:442-445.*
- Healy FG, Krasnoff SB, Wach M, Gibson DM, Loria R, 2002. Involvement of a cytochrome P450 monooxygenase in thaxtomin A biosynthesis by *Streptomyces acidiscabies*. *Journal of Bacteriology 184:2019-2029.*
- Healy FG, Wach M, Krasnoff SB, Gibson DM, Loria R, 2000. The *txtAB* genes of the plant pathogen *Streptomyces acidiscabies* encode a peptide synthetase required for phytotoxin thaxtomin A production and pathogenicity. *Molecular Microbiology 38:794-804.*
- Hosaka K, Matsunaga H, Senda K, 2000. Evaluation of several wild tuber-bearing *Solanum* species for scab resistance. *American Journal of Potato Research 77: 41-45.*
- Hutchison LJ, Kawchuk LM, 1998. Fungi Canadenses No. 338. *Spongospora subterranea* f.sp. *subterranea*. *Canadian Journal of Plant Pathology 20:118-119.*
- Jacobsen B, Gnanamanickam SS, Biological control of potato pathogens. In: *Biological control of crop diseases*. New York: Marcel Dekker, Inc.; 179-189.
- Keiser A, Haberli M, Schnyder E, Berchier P, Hani F, 2002. *Quality assurance in potato production. Agrarforschung 9:322-327.*
- Kim J, Park D, Choi Y, Lim C, Hong S, Lee S, Hahm Y, Cho W, Kim JS, Park DH, Choi YC, Lim CK, Hong SY, Lee SD, Hahm YI, Cho WD, 1998. Potato scab caused by *Streptomyces acidiscabies*. *Korean Journal of Plant Pathology 14:689-692.*
- Kim J, Park D, Lim C, Choi Y, Hahm Y, Cho W, Kim JS, Park DH, Lim CK, Choi YC, Hahm YI, Cho WD, 1998. Potato common scab by *Streptomyces turgidiscabies*. *Korean Journal of Plant Pathology 14:551-554.*
- Kim Y, Cho J, Park D, Lee H, Kim J, Seo S, Shin K, Hur J, Lim C, Kim YS, Cho JM, Park DH, Lee HG, Kim JS, Seo ST, Shin KY, Hur JH, Lim CK, 1999. Production of thaxtomin A by Korean isolates of *Streptomyces turgidiscabies* and their involvement in pathogenicity. *Plant Pathology Journal 15:168-171.*
- King RR, Lawrence CH, Clark MC, 1991. Correlation of phytotoxin production with pathogenicity of *Streptomyces scabies* isolates from scab infected potato tubers. *American Potato Journal 68: 675-680.*

- King RR, Lawrence CH, 1996. Characterization of new thaxtomin A analogues generated in vitro by *Streptomyces scabies*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 44:1108-1110.
- King RR, Lawrence CH, Calhoun LA, 1996. Isolation and identification of pigments generated in vitro by *Streptomyces acidiscabies*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 44:2849-2851.
- King RR, Lawrence CH, Calhoun LA, 1998. Unusual production of 5-nitroanthranilic acid by *Streptomyces scabies*. *Phytochemistry* 49:1265-1267.
- King RR, Lawrence CH, Calhoun LA, 2000. *Microbial glucosylation of thaxtomin A, a partial detoxification. Journal of Agricultural and Food Chemistry* 48:512-514.
- King RR, Lawrence CH, Gray JA, 2001. Herbicidal properties of the thaxtomin group of phytotoxins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 49:2298-2301.
- Kinkel LL, Bowers JH, Shimizu K, Neeno Eckwall EC, Schottel JL, 1998. Quantitative relationships among thaxtomin A production, potato scab severity, and fatty acid composition in *Streptomyces*. *Canadian Journal of Microbiology* 44:768-776.
- Kreuze JF, Suomalainen S, Paulin L, Valkonen JPT, 1999. Phylogenetic analysis of 16S rRNA genes and PCR analysis of the *nec1* gene from *Streptomyces* spp. causing common scab, pitted scab, and netted scab in Finland. *Phytopathology* 89:462-469.
- Labruyère RE, 1971. *Common scab and its control in seed potatoes. Dissertatie Landbouwhogeschool, Wageningen.*
- Lambert DH, Loria R, 1989. *Streptomyces acidiscabies* sp. nov. *International Journal of Systematic Bacteriology* 39: 393-396.
- Lauzier A, Goyer C, Ruest L, Brzezinski R, Crawford DL, Beaulieu C, 2002. Effect of amino acids on thaxtomin A biosynthesis by *Streptomyces scabies*. *Canadian Journal of Microbiology* 48:359-364.
- Lazarovits G, M. Tenuta & K.L. Conn, 2001. *Organic amendments as a disease control strategy for soilborne diseases of high-value agricultural crops. In Proceedings of the second Australasian Soilborne Diseases Symposium, Lorne, Australia, 508 March 2001. Australasian Plant Pathology* 30: 111-117.
- Leiner RH, B.A. Fry, D.E. Carling & R. Loria, 1996. Probable involvement of thaxtomin A in pathogenicity of *Streptomyces scabies* on seedlings. *Phytopathology* 86:709-713.
- Lewis B, 1962. *Host-parasite relationships in the common scab disease of potato. Thesis University Nottingham, Nottingham.*
- Liu D, Anderson NA, Kinkel LL, 1995. Biological control of potato scab in the field with antagonistic *Streptomyces scabies*. *Phytopathology* 85:827-831.
- Liu D, Anderson NA, Kinkel LL, Liu DQ, 2000. Field evaluation of antagonistic *Streptomyces* strains on biocontrol of potato scab. *Acta Phytopathologica Sinica* 30:237-244.
- Lorang JM, Liu D, Anderson NA, Schottel JL, 1995. Identification of potato scab inducing and suppressive species of *Streptomyces*. *Phytopathology* 85:261-268.
- Loria R, Bukhalid RA, Fry BA, King RR, 1997. Plant pathogenicity in the genus *Streptomyces*. *Plant Disease* 81:836-846.
- Lucero H, 1998. Potatoes powdery scab. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cuyo* 30:77-86.
- Marten P, Bruckner S, Berg G, 2001. *Biologischer Pflanzenschutz mit Rhizobakterien – eine umweltfreundliche Alternative zur Kontrolle boden- und samenburtiger Pilze. Gesunde-Pflanzen* 53: 224-234.
- McKenna F, El Tarabily KA, Hardy GESJ, Dell B, 2001. Novel in vivo use of a polyvalent *Streptomyces* phage to disinfect *Streptomyces scabies*-infected seed potatoes. *Plant Pathology* 50:666-675.
- Merz U, 2000. Powdery scab of potatoes: a comeback with consequences. *Kartoffelbau* 51:300-301.
- Mishra KK, Srivastava JS, 1999. Severity and prevalence of common scab of potato in eastern U.P. *Journal of the Indian Potato Association* 26:3-4.
- Mishra KK, Srivastava JS, 2001. Screening potato cultivars for common scab of potato in a naturally infested field. *Potato Research* 44:19-24.
- Miyajima K, Tanaka F, Takeuchi T, Kuninaga S, 1998. *Streptomyces turgidiscabies* sp. nov. *International Journal of Systematic Bacteriology* 48:495-502.
- Montero Astua M, Vasquez V, Rivera C, 2002. Occurrence of potato powdery scab caused by *Spongospora subterranea* f. sp. *subterranea* in Costa Rica. *Plant Disease* 86.

- Mutasa Gottgens ES, Chwarszczynska DM, Halsey K, Asher MJC, 2000. Specific polyclonal antibodies for the obligate plant parasite *Polymyxa* - a targeted recombinant DNA approach. *Plant Pathology* 49:276-287.
- Nakagawa A, Suga Y, Mukaida Y, 2001. Soil fumigation with metam sodium to control potato scab. *Annual Report of the Kanto Tosan Plant Protection Society*:13-17.
- Natsume M, Ryu R, Abe H, 1996. Production of phytotoxins, concanamycins A and B by *Streptomyces* spp. causing potato scab. *Annals of the Phytopathological Society of Japan* 62:411-413.
- Natsume M, Taki M, Tashiro N, Abe H, 2001. Phytotoxin production and aerial mycelium formation by *Streptomyces scabies* and *S. acidiscabies* in vitro. *Journal of General Plant Pathology* 67:299-302.
- Natsume M, Yamada A, Tashiro N, Abe H, 1998. Differential production of the phytotoxins thaxtomin A and concanamycins A and B by potato common scab-causing *Streptomyces* spp. *Annals of the Phytopathological Society of Japan* 64:202-204.
- Nava VR, Couble A, Casoli E, Bugnard V, Laurent F, Sandoval H, Boiron P, 2001. Identification of clinical isolates of Streptomyces spp. using the polymerase chain reaction. Journal de Mycologie Medicale 11: 131-134.*
- Nazareno NRXd, Boschetto N, de Nazareno NRX, 2002. Seed-tuber transmission of *Spongospora subterranea*. *Fitopatologia Brasileira* 27:224.
- Neeno Eckwall EC, Kinkel LL, Schottel JL, 2001. Competition and antibiosis in the biological control of potato scab. Canadian Journal of Microbiology 47:332-340.*
- Neeno Eckwall EC, Schottel JL, 1999. Occurrence of antibiotic resistance in the biological control of potato scab disease. *Biological Control* 16:199-208.
- Ogiso H, Akino S, Ogoshi A, 1999. Identification of two types of actinophages parasitic to potato common scab pathogens in Hokkaido, Japan. *Soil Microorganisms* 53:37-43.
- Oniki M, Suzuki T, Araki T, Sonoda RI, Chiba T, Takeda T, 1986. Causal agent of russet scab of potato. Bulletin of the National Institute of Agro Environmental Sciences Japan 2 ; 45-59.*
- Paradis E, Goyer C, Hodge NC, Hogue R, Stall RE, Beaulieu C, 1994. Fatty acid and protein profiles of Streptomyces scabies strains isolated in eastern Canada. International Journal of Systematic Bacteriology 44:561-564.*
- Qu XS, Kavanagh JA, Egan D, Lahert H, 2001. Studies on amoebae and cysts associated with the isolation of Spongospora subterranea f.sp. subterranea in vitro. Plant Pathology 50:420-426.*
- Ramos Sanchez G, Mendoza Zamora C, Ponce Gonzalez F, Hernandez Garcia G, 1995. Etiology, distribution, histopathology, and control of the powdery scab of potatoes in the high valleys of Mexico. *Revista Chapingo. Serie Proteccion Vegetal* 2:67-70.
- Reavy B, Arif M, Cowan GH, Torrance L, 1998. Association of sequences in the coat protein/readthrough domain of potato mop-top virus with transmission by *Spongospora subterranea*. *Journal of General Virology* 79:2343-2347.
- Ryan AD, Kinkel LL, 1997. Inoculum density and population dynamics of suppressive and pathogenic Streptomyces strains and their relationship to biological control of potato scab. Biological Control 10:180-186.*
- Sandgren M, Plaisted RL, Watanabe KN, Olsson S, Valkonen JPT, 2002. Evaluation of some North and South American potato breeding lines for resistance to Potato mop-top virus in Sweden. American Journal of Potato Research 79:205-210.*
- Schmiedeknecht G, 1993. Biological control of *Rhizoctonia solani* Kuhn on potatoes by microbial antagonists. *Archives of Phytopathology and Plant Protection* 28:311-320.
- Schmiedeknecht G, Bochow H, Junge H, 1998. Use of Bacillus subtilis as biocontrol agent. II. Biological control of potato diseases. Zeitschrift fur Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz 105: 376-386.*
- Scholte K, Labruyere RE, 1985. Netted scab: a new name for an old disease in Europe. Potato Research 28: 443-448.*
- Schottel JL, Shimizu K, Kinkel LL, 2001. Relationships of in vitro pathogen inhibition and soil colonization to potato scab biocontrol by antagonistic *Streptomyces* spp. *Biological Control* 20:102-112.
- Schwarzel R, Le CL, Cazelles O, Roder O, Merz U, 2001. Elimination of pathogens in potato seeds by using electron-treatment. *Revue Suisse d'Agriculture* 33:235-238.
- Sessitsch A, Reiter B, Pfeifer U, Wilhelm E, 2002. Cultivation-independent population analysis of bacterial endophytes in three potato varieties based on eubacterial and Actinomycetes-specific PCR of 16S*

- rRNA genes. FEMS Microbiology Ecology 39:23-32.*
- Shimada S, Mizuno N, 2000. Suppression on powdery scab disease of potato by a special fertilization method. Japanese Journal of Soil Science and Plant Nutrition 71:225-230.
- Souma J, Tanaka F, Tamura O, 2002. Improvement in seed potato disinfection of scab caused by *Streptomyces turgidiscabies* through the use of copper fungicide added to streptomycin disinfectant. Bulletin of Hokkaido Prefectural Agricultural Experiment Stations:121-124.
- Stachewicz H, Enzian S, 2001. Development potential of powdery scab of potato in Germany. *Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes 53:208-212.*
- Stachewicz H, Enzian S, 2002. Can powdery scab become important in Germany? Kartoffelbau:1-2.
- Suzuki K, Shiga H, 2001. Effect of organic matter application on potato scab. Japanese Journal of Soil Science and Plant Nutrition 72:287-290.
- Takahashi K, Sato N, Nakao T, Ohara A, Umemura Y, 1997. Effects of lesion types of potato common scab on efficiency of peeling process and quantity of inoculum source. [*Streptomyces turgidiscabies*]. Annual Report of the Society of Plant Protection of North Japan:63-65.
- Takeuchi T, Sawada H, Tanaka F, Matsuda I, 1996. Phylogenetic analysis of *Streptomyces* spp. causing potato scab based on 16S rRNA sequences. International Journal of Systematic Bacteriology 46:476-479.
- Tanaka F, 2000. Identification, quantification of potato scab pathogens and control of the disease by changing soil environment. Report of Hokkaido Prefectural Agricultural Experiment Stations.
- Tashiro N, Miyashita K, Suzui T, 1990. Taxonomic studies on the *Streptomyces* species, isolated as causal organisms of potato common scab. Annals of the Phytopathological Society of Japan 56:73-82.
- Toth L, Akino S, Kobayashi K, Doi A, Tanaka F, Ogoshi A, 1998. Production of thaxtomin A by *Streptomyces turgidiscabies*. Soil Microorganisms:29-34.
- Toth L, Maeda M, Tanaka F, Kobayashi K, 2001. Isolation and identification of pathogenic strains of *Streptomyces acidiscabies* from netted scab lesions of potato tubers in Hokkaido (Japan). *Acta Microbiologica et Immunologica Hungarica 48:3-4.*
- Tsrer L, Aharon M, Erlich O, 1999. Survey of bacterial and fungal seedborne diseases in imported and domestic potato seed tubers. *Phytoparasitica 27:215-226.*
- Ward E, Adams MJ, 1998. Analysis of ribosomal DNA sequences of *Polymyxa* species and related fungi and the development of genus- and species-specific PCR primers. *Mycological Research 102:965-974.*
- Wastie RL, 1991. Resistance to powdery scab of seedling progenies of *Solanum tuberosum*. *Potato Research 34: 249-252.*
- Waterer D, 2002. Impact of high soil pH on potato yields and grade losses to common scab. *Canadian Journal of Plant Science 82:583-586.*
- Weingartner DP, Lawson RH, 2001. , Loebenstein G, 2001. *Virus-and-virus-like-diseases-of-potatoes-and-production-of-seed-potatoes.* In: *Potato viruses with soil-borne vectors*, eds Loebenstein G, Berger PH, Brunt AA. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands
- Wilson CR, 2001. Variability within clones of potato cv. Russet Burbank to infection and severity of common scab disease of potato. *Journal of Phytopathology 149:625-628.*
- Winter W, Winiger, 1983. Einfluss verschiedener Fangpflanzen sowie von Kalk und Kalkstickstoff auf die Bodeverseuchung mit *Spongospora subterranea*, der Erreger des Pulverschorfes. *Mitteilungen Schweizer Landwirtschaft 31: 190-206.*
- Winter W, Winiger, 1984. Bekämpfung des Pulverschorfes (*Spongospora subterranea*) der Kartoffeln mit Fangpflanzen, Kalk und Kalkstickstoff. *EAPR, Abstracts of conference Papers, 9th Triennial Conference, Interlaken, Switzerland, 1-6 July 1984. pp 123-124.*

3 Praktische alternatieven voor beregening met oppervlaktewater

3.1 Inleiding

Tot het begin van de zestiger jaren van de vorige eeuw waren alleen structuur**verslechtering**, de stof PCNB en zwavelzure ammoniak mogelijkheden om de aantasting van (poot)aardappelen door gewone schurft (*Streptomyces scabiei*) te beperken. Het is evident dat structuurverslechtering een paardenmiddel was. PCNB had ook nadelen: grote milieubelasting, opbrengstderving en smaakbeïnvloeding, behandelde gewassen waren dan ook ongeschikt voor consumptie (Anon., 1961). De verwachtingen voor een chemisch alternatief waren toentertijd al niet hooggespannen (Zijlstra, 1962). Men wist ook dat bekalking schurftproblemen verergerde, dat bij een lage pH van de grond minder en na groenbemesters juist meer schurftaantasting optrad (Anon., 1960). Een zware bekalking op lichte grond liet vele jaren later nog een groot effect op schurftaantasting zien (Van der Galiën et al., 1964). Ook toen waren er weinig rassen met substantiële resistentie en werd de veredeling opgeroepen resistente rassen te kweken (Zijlstra, 1962). In die zelfde zestiger jaren van de vorige eeuw en daarna, werd zowel in Nederland als daarbuiten duidelijk dat de aantasting van de knollen door gewone schurft sterk wordt beperkt, wanneer de grond in de aardappelruggen in de periode van knolaanleg voldoende vochtig is (Van der Galiën, 1964; Bakker & Van der Galiën, 1965 en 1966; Baars, 1968).

Gedurende twee tot vier weken na het begin van de knolaanleg moet de grond vochtig worden gehouden en er moet niet later gestart worden dan uiterlijk een week na het begin van de knolaanleg (Van der Galiën, 1983). de grond nog langer vochtig houden geeft weinig extra resultaat (Stalham et al., 1996). De benodigde tijdsduur van het vochtig houden van de ruggen hangt samen met het feit dat niet alle knollen tegelijk worden aangelegd, maar ook dat (een deel van) de knol gevoelig is voor infectie door schurft totdat alle internodiën van een knol het gevoelige stadium zijn gepasseerd (Labruyère, 1971; Lapwood & Adams, 1973).

Sinds deze kennis beschikbaar kwam heeft beregening van pootaardappelen sterke opgang gemaakt als preventieve, niet-chemische methode om sterke aantasting door schurft te voorkomen. Aangezien beregening in de regel een positief effect had op de opbrengst (in tegenstelling tot PCNB), op de pootgoedsortering en de schurftaantasting verminderde, was deze methode gemakkelijk rendabel te maken (Bakker & Van der Galiën, 1963; Van der Schaaf & Roelevink, 1967).

De besmetting van oppervlaktewater met de bruinrotbacterie heeft geleid tot de vaststelling van verbodsgebieden voor beregening van aardappelen met oppervlaktewater. De pootaardappelsector heeft besloten tot een algeheel verbod van het gebruik van oppervlaktewater op pootaardappelen, ingaande 2005. Dit stelt veel telers de komende jaren of reeds op dit moment voor het probleem dat zij op zoek moeten naar alternatieven voor beregening met oppervlaktewater. Dit kunnen alternatieve methoden zijn, maar ook alternatieve waterbronnen.

3.2 Alternatieven voor oppervlaktewater

3.2.1 Bodem

3.2.1.1 Besmettingsniveau

Lapwood (1972) meldt dat de vochtigheid van de grond in de periode van knolaanleg de belangrijkste factor is in de schurftaantasting van de dochterknollen. Het besmettingsniveau van de bodem was daaraan ondergeschikt. De rol van infectie als gevolg van schurftaantasting die op de moederknollen aanwezig was, was op haar beurt ondergeschikt aan de bodem als infectiebron. Pavlista (1996) stelt dat schurft ook voorkomt in grond die niet voor landbouw wordt gebruikt. Gronden waar schurft niet voorkomt kunnen

volgens hem niet gemakkelijk worden besmet met schurftige knollen.

3.2.1.2 Samenstelling

Boekel (1964b) meldt dat het gehalte aan organische stof in de bodem geen duidelijke invloed op de schurftaantasting heeft. Veel schurftaantasting na gescheurd grasland wordt niet veroorzaakt door de organische stof, want het effect op schurft duurt voort nadat na vele jaren het gehalte weer is gedaald (Boekel, 1964b).

Ten Boer (1961) meldt dat natuurlijke kalkrijkdom minder nadelig is voor schurftaantasting dan ingebrachte kalk.

Bij een lager gehalte aan reduceerbaar mangaan werd meer schurftaantasting gevonden, maar met een mangaanbemesting werd evenwel geen geringere schurftaantasting bereikt (Ten Boer & Van de Meer, 1966). De gevonden correlatie lijkt het gevolg te zijn van het feit dat bij een hogere pH de hoeveelheid reduceerbaar mangaan afneemt en de schurftaantasting toeneemt. Er is dus sprake van een correlatie, maar waarschijnlijk niet van een oorzakelijk verband.

3.2.1.3 pH

Over het algemeen zijn de meldingen in de literatuur in binnen- en buitenland ten aanzien van het effect van pH op aantasting door gewone schurft zeer consistent. Over het algemeen wordt gemeld dat aantasting door gewone schurft gering of afwezig is bij een pH lager dan 5 a 5,5. Lambert & Manzer (1991) melden dat de aantasting toenam tussen pH 5 en 8. Ook recent nog beschrijven Lacey & Wilson (2001) voor Australië een pH-grens van 5,0 à 5,2 waaronder gewone schurft geen aantasting veroorzaakt. Zij vonden dat de invloed van de pH op gehalten aan elementen aan calcium, magnesium en kalium de oorzaak is voor correlaties tussen deze gehalten en schurftaantasting, maar dat de gehalten aan deze elementen geen oorzaak zijn voor de verschillen in aantasting.

Ook ten aanzien van een hoge pH zijn er meldingen van een geringere schurftaantasting, al worden soms geen of verschillende grenswaarden genoemd. Pavlista (1995) meldt dat boven een pH van 7,4 de ontwikkeling van schurft werd geremd, zij het niet zo effectief als door een verlaging van de pH. Recent meldt Waterer (2001a) ook een positief effect van een pH van 8,5 à 9 op de afleverbare opbrengst van consumptieaardappelen. De effecten die hij meldt zijn in termen van het percentage bezetting van de knollen niet bijzonder groot. De opbrengst van de aardappelen nam nauwelijks af. Effecten op andere gewassen in de rotatie heeft hij niet onderzocht.

Voor Nederland zijn er geen goed gedocumenteerde meldingen dat een zeer hoge pH leidt tot minder schurft. Wel zijn er een paar incidentele meldingen.

Ten Boer (1969) meldt voor kleigronden in Noord-Nederland dat de schurftaantasting na een hoge gift met de kalkmeststof kencica (die ook andere meststoffen bevatte) tot een geringere schurftaantasting leidde, maar aangezien andere kalkmeststoffen dat effect niet gaven, ligt het niet voor de hand om hier aan een pH-effect te denken. Ten Boer (1963) beschrijft een bedrijf waar de pH juist werd verhoogd met schuimaarde, waar de graanstoppel vlak voor het poten werd gefreesd en waar direct na het poten werd aangeaard en waar geen problemen met schurft optraden. Het probleem van een dergelijke melding is dat er geen eenduidige conclusie uit kan worden getrokken. Deze meldingen worden in de latere literatuur niet gevolgd door bevestigingen.

Er zijn ook meldingen van schurftsoorten of -stammen die bij een lage pH wèl schurftaantasting geven (Bonde & McIntyre, 1968). In een aantal meldingen wordt *S. acidiscabies* als oorzaak hiervoor aangewezen (o.a. Loria et al., 1997). Het is mogelijk dat deze soort – of evt. nog andere – op de gronden in Noordoost-Nederland voorkomen. Uit dit gebied komen wel meldingen van schurftaantastingen bij lage pH, het is niet duidelijk waaraan deze moeten worden toegeschreven. Het zou om poederschurft, maar ook om niet eerder vastgestelde *Streptomyces*-soorten kunnen gaan of om combinaties van beide soorten.

3.2.1.4 Grondbewerking

De effecten van grondbewerkingen zijn betrekkelijk klein. Voor zover ze leiden tot een dichtere structuur van de grond, zal er in het algemeen sprake zijn van een iets geringere schurftaantasting. De dichtere structuur leidt tot een iets hoger vochtgehalte in de grond – ook tijdens de knolaanleg – hetgeen leidt tot minder aantasting. In de praktijk wordt hier – al sinds lange tijd – wel gebruik van gemaakt door de ruggen na het poten iets aan te drukken. Dit soort maatregelen heeft evenwel zijn beperkingen, bij teveel verdichting neemt de kans op nadelige gevolgen toe, zoals een slechtere rooibaarheid en het te lang te nat blijven na

hevige regenval.

3.2.1.5 Beddenteelt

De teelt van aardappelen op bedden is een aantal jaren door het praktijkonderzoek beproefd (Ridder, 2000). In slechts een deel van de proeven werd een iets hoger vochtgehalte en daardoor iets minder schurft werd aangetroffen dan in conventionele ruggen. Opbrengstverhogingen werden niet waargenomen. Ook praktijkwaarnemingen duiden er op dat bedden er hooguit enkele dagen langer over doen om dezelfde mate van uitdroging te bereiken als ruggen. De conclusie moet dan ook zijn dat de techniek van beddenteelt een marginale hulp is in het bereiken van minder schurftaantasting.

3.2.1.6 Gewasrotatie

Ten Boer (1969) meldt dat de voorvrucht een geringe rol speelde, na graan werd iets meer schurft gevonden dan na bieten en kunstweide. Laat onderploegen of frezen van een graanstoppel en daarna direct poten gaf iets minder schurft (Ten Boer, 1969). Labruyère (1971) vond dat groenbemesters en vruchtwisseling weinig of kleine effecten hadden op de aantasting door schurft. Dit bleek ook uit Amerikaans onderzoek (Weinhold et al., 1964). Radijs, peen en biet zijn waardplanten voor sommige Streptomyces-soorten waardoor de populatie aan streptomyceten in de bodem hoog blijft (Bouchek-Mechiche et al., 2000a).

Nauwe aardappelrotaties verhogen de aantastingsniveaus door schurft (Labruyère, 1971). Dit betekent overigens niet dat met het verruimen van de rotatie binnen korte tijd wezenlijk lagere aantastingsniveaus op aardappelen mogen worden verwacht.

Volgens Scholte (1991) heeft vruchtwisseling geen effect op het optreden van gewone schurft, het optreden van netschurft is daarentegen sterk afhankelijk van de frequentie waarmee voor deze ziekte vatbare rassen worden geteeld.

Hide & Read (1991) melden dat de aantasting door gewone schurft afnam naarmate het aantal voorafgaande aardappelteelten groter was.

Voor het interpreteren van de effecten van vruchtwisseling is het van belang met welke aardappelrassen de vruchtwisseling wordt rondgezet. Rassen als Bintje en Désirée zijn twee van de weinige rassen die vatbaar zijn voor netschurft. Vruchtwisseling met deze rassen geeft dan ook een gecombineerd effect te zien van gewone en netschurft. In het proefveld van De Schreef (Hoekstra en Lamers, 1993) werd het vruchtwisselingsonderzoek uitgevoerd met Bintje. Het bleek dat aardappelen gegroeid in driejarige rotaties duidelijk meer netschurft vertoonden dan die gegroeid in vierjarige rotaties en deze meer dan zesjarige rotaties. Ook bleek een driejarige kunstweide gevolgd door aardappelen tot meer netschurft te leiden dan na één jaar kunstweide (netschurft wordt ook wel graslandschurft genoemd). In een nauw bouwplan waar voorheen alleen maar rassen werden geteeld die immuun waren voor netschurft, werd geen verhoging van netschurftaantasting op Bintje vastgesteld (Lamers et al., 1989). Netschurft tast de wortels aan waardoor de opbrengst verlaagd wordt. Een driejarige rotatie met Bintje brengt 15% minder op dan een zesjarige rotatie (Hoekstra en Lamers, 1993). Met een netschurftresistent ras zijn de verliezen met een derde afgenomen en bedragen niet meer dan 10%. Ook Bang (1979) kwam op verliezen van 5% bij door netschurft aangetaste poters in vergelijking met gezonde poters.

3.2.2 Bemesting

3.2.2.1 Anorganisch

Kalk

Alom wordt gemeld en is bekend dat bekalkingen – met name juist voor de aardappelteelt – de aantasting door schurft sterk kunnen verhogen. Ten Boer (1961) meldt dat natuurlijke kalkrijkdom minder nadelig is voor schurftaantasting dan ingebrachte kalk. Ook buiten Nederland wordt geadviseerd niet voor aardappelen te bekalken (Brazda, 1994). In de paragraaf over pH werd evenwel gemeld dat een zeer hoge pH de schurftaantasting kan verminderen. Ten Boer (1969) meldt voor kleigronden in Noord-Nederland dat de schurftaantasting bij lage, maar ook bij zeer hoge pH geringer was. Recent meldt Waterer (2001a) ook een positief effect van een pH van 8,5 à 9 op de afleverbare opbrengst van consumptieaardappelen. De effecten die hij meldt zijn in termen van het percentage bezetting van de knollen niet groot. Voor het bereiken van een hoge pH zijn grote kalkgiften nodig die effecten kunnen hebben op de

nutriëntenvoorziening en de opbrengst van verschillende gewassen. Het mogelijk positieve effect op schurft moet worden afgewogen tegen opbrengsteffecten op aardappelen en andere gewassen. Zie ook paragraaf 3.2.1.3.

Mangaan

Er zijn in de literatuur veel – wisselende – meldingen met een grote spreiding in tijd en plaats over de rol en het effect van mangaan.

Bij een lager gehalte aan reduceerbaar mangaan van proefvelden werd meer schurftaantasting gevonden, maar met een mangaanbemesting werd evenwel geen geringere schurftaantasting bereikt (Ten Boer & Van de Meer, 1966). Labruière (1971) vond door mangaanbemesting hogere mangaangehaltes in de knolschil, maar dit ging niet gepaard met minder aantasting door schurft.

Ten Boer (1965) vond geen effect van mangaanbemesting of gewasbespuitingen met mangaansulfaat. Dezelfde auteur (Ten Boer, 1969) meldt dat ook herhaalde mangaanbestedingen geen effect hadden op schurftaantasting. Ook Froot (1995) vond recent geen effect van mangaanbemesting, al of niet aangevuld met drie mangaanchelaatbespuitingen over het gewas. Brazda (1994 en 1995) vond soms wel, soms geen effect van mangaanchelaatbespuitingen, een knolbehandeling voor het poten werkte in één van twee jaren. McGregor & Wilson (1964) melden minder schurft door toediening van mangaansulfaat aan de bodem, het aantal knollen per plant nam af, de sortering werd grover bij een gelijke opbrengst, hetgeen voor pootgoed ongunstig is. Keinath & Loria (1993) melden dat mangaan schurft kan bestrijden, maar ook dat de resultaten met mangaansulfaat toegediend aan de bodem wisselend zijn. Er wordt een relatie gemeld tussen het gehalte aan mangaan in de knolschil en de aantasting door schurft, maar deze relatie blijkt niet consistent. De omstandigheden bepalen kennelijk mede de werking van mangaan. Door de wisselende effecten, maar ook doordat mangaan fytoxisch kan zijn is het gebruik van mangaansulfaat niet tot een bedrijfszekere methode uitgegroeid.

Stikstof

Er zijn geen meldingen van directe effecten van het niveau van stikstofbemesting op de aantasting door schurft. Lapwood & Dyson (1966) vonden dat de hoogte van de stikstofbemesting van invloed kan zijn op de aantasting door schurft door haar invloed op het moment van de knolaanleg, dit is dus een indirect effect.

Wél is er effect van de vorm waarin de stikstof wordt aangeboden. Vooral zwavelzure ammoniak en ureum worden gemeld als meststoffen die de aantasting door schurft enigszins kunnen verlagen, zij het dat de effecten vaak wisselend zijn en niet te vergelijken zijn met die van beregening. Algemeen wordt verondersteld dat de lokale en tijdelijke pH-verlaging van het bodemvocht de aantasting door schurft enigszins verlaagt. Ten Boer (1961) meldt een lichte verbetering door het gebruik van zwavelzure ammoniak, maar een duidelijk effect werd niet altijd gevonden. Goffart & Ampe (1996) vonden dat zwavelzure ammoniak de schurftaantasting vermindert, maar veel minder dan irrigatie. Pickny & Grocholl (2002) melden dat zwavelzure ammoniak geen werking had tegen schurft. Bus (2002) gaf de voorkeur aan zwavelzure ammoniak boven ureum, omdat ureum bij gelijke stikstofdosering meer gewasschade veroorzaakte. Hij adviseert bovendien geen rijenbehandeling in plaats van een toediening volvelds, omdat de rijenbehandeling meer gewasschade gaf, maar geen betere schurftbestrijding.

Zwavel

Elementaire zwavel beïnvloedt zonder omzetting in andere stoffen de groei van schurft niet (Pavlista, 1995). Bus (2002) vond geen of geringe effecten van sulfaatmeststoffen of elementaire zwavel, de effecten waren zeker niet beter dan van zwavelzure ammoniak.

Kalium

Kaliumvoorziening heeft geen effect op schurft (Keinath & Loria, 1993).

Fosfaat

Fosfaat heeft geen effect op schurft, maar fosfaatmeststoffen die calcium bevatten kunnen de schurftaantasting verhogen (Keinath & Loria, 1993).

Zink

Zink heeft geen noemenswaardig effect op aantasting door gewone schurft (Keinath & Loria, 1993).

Borium

Er zijn geen duidelijke aanwijzingen dat borium de aantasting door schurft kan verminderen (Keinath & Loria, 1993).

3.2.2.2 Organisch

Er zijn in Nederland nauwelijks degelijke onderzoeken gedaan aan organische bemesting op schurftaantasting. De Haan (1955) meldde dat de toediening van compost de hoeveelheid schurft minder deed toenemen dan op basis van de kalkwerking werd verwacht. Ten Boer & Van de Meer (1966) melden dat uit een enquête naar voren is gekomen dat organische mest schurftaantasting vermindert door een betere vochthoudendheid van de grond, maar dat ze wellicht ook de ontwikkeling van micro-organismen, waaronder het schurftorganisme, kan stimuleren. De melding van Ten Boer (1969) dat laat onderploegen of frezen van een graanstoppel en daarna direct poten iets minder schurft gaf heeft wellicht ook te maken met een effect van een betere vochthoudendheid van de grond.

Door het werk van Tenuta en Lazarovits (2002 a, b, c) is de werking van meststoffen of bodembehandelingsmiddelen op bodempathogenen duidelijker geworden. Eerder ging men er van uit dat organische meststoffen een wisselvallig of iets verhogend effect hadden op de aanwezigheid van gewone schurft. Hij gebruikte de bodemschimmel *Verticillium dahliae* als testorganisme, later bleken de effecten ook vertaalbaar naar de beheersing van *Streptomyces*, die gewone schurft in aardappelen veroorzaken.

Tenuta en Lazarovits (2000 a, b, c) ontdekten dat de werking van een groot aantal bodembehandelingsmiddelen met effect op bodempathogenen was terug te voeren op een effect van ammoniak, van salpeterigzuur en van vluchtige vetzuren. De werking was zeer variabel wanneer de mest op allerlei grondsoorten werd toegepast. Toch bleven de meststoffen op gronden waar ze een schurftonderdrukkend effect lieten zien, dezelfde werking tonen indien ze opnieuw aan deze gronden werden toegediend. Dit duidt erop dat de werking afhangt van bepaalde eigenschappen van de grond. De werking bleek vooral afhankelijk te zijn van de pH van de grond en van andere eigenschappen zoals het organische-stofgehalte. Verzurende meststoffen werken het best op een grond met een lage pH, alkalisch werkende meststoffen op een grond met een hogere pH en een laag organisch stofgehalte.

Varkensdrijfmest gaf een pH-verlaging, kippenmest een verhoging. Lazarovits (2001) gaat uit van een gift van 60 ton drijfmest per ha. Deze hoeveelheden zijn voor wat Minas betreft erg hoog en alleen toe te passen wanneer de gift in bouwplanverband wordt toegediend, dus dat de gift eenmaal wordt aangewend per rotatie van 4 jaar. De gift hoeft niet direct voor of bij aardappelen te worden gegeven. Het kan ook jaren voor de aardappelteelt worden toegepast. Alleen dient er dan geen teelt van peen, radijs of suikerbiet (netschurft, Bintje) tussen de aanwending van de mest en de teelt van aardappelen plaats te vinden, aangezien deze gewassen de *Streptomyces* kunnen vermeerderen. Lagere giften zijn een optie, wanneer de eigenschappen van de grond en van de mest zich daartoe lenen.

Werking van vluchtige vetzuren.

Vluchtige vetzuren met een korte C-keten zoals azijnzuur, propionzuur, boterzuur, valeriaanzuur en caprinezuur zijn omzettingsproducten van anaërobe bacteriën die gevormd worden bij anaërobe opslag van vloeibare organische meststoffen. In varkensdrijfmest bestond 65% van de vluchtige vetzuren uit azijnzuur. In Canada bleek ongeveer 50% van de varkensdrijfmest van diverse bedrijven voldoende vetzuren te hebben om doding van bodemorganismen waaronder *Streptomyces* te veroorzaken. Alleen daar waar voldoende organisch materiaal in de mest aanwezig was, bleken voldoende vetzuren gevormd te kunnen worden. Ook in Nederland blijken de eerste metingen te wijzen op een sterk uiteenlopen van de gehalten aan vluchtige vetzuren. Dus niet alle varkensdrijfmest komt in aanmerking voor toepassing met het oog op een effect op *Streptomyces*.

De werking van de vluchtige vetzuren is sterk. Binnen een dag kan de doding optreden. De werking van vluchtige vetzuren is afhankelijk van de vorm waarin de vetzuren in de grond voorkomen. Alleen in de niet-geïoniseerde vorm zoals die ontstaat bij lage pH is er een werking op bodemorganismen. Zo is acetaat niet werkzaam, azijnzuur wel. Mest met vluchtige vetzuren werkt wel bij een pH van 5. Werd de pH verhoogd naar 6,5 dan werkte de mest niet meer op *Verticillium*. Door het verzuren van mest werd de werking van

vluchtige vetzuren verbeterd en kan toch een effect worden verkregen op gronden met hogere pH's. Mest heeft over het algemeen een neutrale tot alkalische pH. Het kan de pH van een zure bodem daarmee verhogen.

Stikstofrijke bodemtoevoegingen op zure grond.

Stikstofrijke toevoegingen zijn beendermeel (met toevoeging van vlees), ruwe chitine, sojameel, dierlijke meststoffen of plantenresten.

Salpeterigzuur ontstaat door nitrificatie. Ook nitraat en nitriet zijn producten van de nitrificerende bacteriën. Bij lage pH wordt nitriet omgezet in salpeterigzuur. Nitrificatieremmers gaan vorming van salpeterigzuur tegen.

Salpeterigzuur leidt bij lagere concentraties al tot doding van pathogenen. Na 4 dagen bleek in laboratoriumproeven dat dezelfde doding van micro-organismen werd bereikt met een concentratie van salpeterigzuur die 200 maal lager was dan die van ammoniak (Conn en Lazarovits, 1999). Hierdoor zou voor de werking van salpeterigzuur uit mest minder mest nodig zijn dan voor de werking van ammoniak uit mest. De micro-organismen werden ook gedood wanneer deze boven de oplossing met salpeterigzuur werden geplaatst.

Zwavelzure ammoniak blijkt na toepassing in de meeste proeven te leiden tot minder schurft dan bij KAS, de meest gebruikte enkelvoudige meststof (Bus, 2002). Dit effect treedt ook op op basische gronden. De algemene veronderstelling is dat het effect werkt via een (tijdelijke) verlaging van de pH van het bodemvocht. Blijkbaar is dit effect al voldoende om ook op basische grond een verlaging te geven van de aantasting door gewone schurft. Zwavelzure ammoniak levert ammoniak op dat na nitrificatie wordt omgezet in salpeterigzuur.

Stikstofrijke bodemtoevoegingen op neutraal tot basische grond.

De werking van deze toevoegingen is gebaseerd op de vorming van ammoniak. Bij hoge pH wordt ammonium omgezet in ammoniak. Van deze stof is bekend dat ze dodelijk is voor bodemorganismen. De dodelijke concentraties worden pas bereikt bij wat hogere hoeveelheden van toevoegingen. De hogere concentraties ontstaan doordat de nitrificatie geremd wordt. Dit kan gebeuren doordat de nitrificerende bacteriën niet tegen ammoniak en hoge pH kunnen. Het toevoegen van nitrificatieremmers bevordert het ontstaan van ammoniak. Toch kunnen ook gronden met een lage pH van 6 nog wel voldoende ammoniak produceren indien het organische-stofgehalte laag is. Kippenmest in een dosering van 60 ton per ha leidde tot een verhoging van de pH, tot vorming van ammoniak en had een éénduidig verlagend effect op de aanwezigheid van gewone schurft op de knol, indien de aardappelen gepoot werden na herfsttoediening van de kippenmest (Conn en Lazarovits, 1999).

Er zijn ook fytotoxische effecten bekend van vluchtige vetzuren. In niet-rijpe compost kunnen deze producten aanwezig zijn en groeiremming geven. Vluchtige vetzuren zoals azijnzuur en propionzuur worden aan (dier)voedsel toegediend ter conservering (silage).

Andere effecten van organische toedieningen

Door toepassing van organische meststoffen met een hoog gehalte aan eiwitten, zoals soja-stengels, wordt de saprofytische en antagonistische microflora gestimuleerd, wat gewone schurft veroorzakende *Streptomyces* remt (Novikova, 1975). Ook varkensmest, verrijkt met een antagonistisch werkende *Streptomyces albidoflavus*, bleek de schurftaantasting belangrijk terug te dringen (Hayashida et al., 1989). Ook met andere *Streptomyces*-soorten en aanzuring tot een pH van 5 bleek de werking goed (Nanri et al., 1992). De werking werd toegeschreven aan een toename van Pseudomonaden, die antagonistisch werken tegen *Streptomyces*. Aangezien de opbrengst ook aanmerkelijk steeg is de werking van de verrijkte mest niet alleen aan een antagonistische werking tegen gewone schurft toe te schrijven, maar ook aan een kennelijk verbeterde voeding van het gewas.

Wortels van *Geranium pratense* hebben ook een reducerende invloed op de aanwezigheid van *Streptomyces* in de grond. Deze wortels bevatten geranine, die de *Streptomyces* terugdringen (Ushiki et al., 1998).

3.2.3 Pesticiden

In het verleden waren er enkele middelen met enige werking tegen schurft. Sublimaat en PCNB gaven een

vermindering van de schurftaantasting (Jensma, 1956).

Sublumaat en PCNB toegediend aan de grond verminderden de schurftaantasting, sublumaat meer dan PCNB, maar sublumaat gaf de meeste fytotoxiciteit. Borax en zineb verlaagden de aantasting niet (Jaarsma, 1955). Labruyère (1971) meldt dat PCNB toegediend aan de bodem de aantasting door schurft vermindert, formaldehyde had enig effect, maar bleek te weinig werkzaam voor een economische toepassing. PCNB gaf gemiddeld 6 à 7% opbrengstderving met een grote variatie. De oogst van met PCNB behandelde gewassen was ongeschikt voor consumptie. Labruyère (1971) vond dat gewasbespuitingen met streptomycine niet bleken te werken tegen schurft. Het middel bleek wel naar de knollen te worden getransporteerd, maar niet in de schil terecht te komen. Op dit moment zijn er geen pesticiden voorhanden die een wezenlijke schurftbestrijding geven.

3.2.4 Oogsttijdstip

Amerikaans onderzoek liet zien dat de mate van de aantasting na loofdoding nog kan toenemen (Waterer, 2001b). Er is geen Nederlands onderzoek om dat te bevestigen of uit te sluiten. Er zijn wel praktijkmeldingen van een laat in het seizoen nog toenemende schurftaantasting. De meldingen bevatten echter niet genoeg informatie om te kunnen vaststellen of het daarbij om gewone of poederschurft gaat, of dat het wellicht gaat om het met de knolgroei toenemende grootte van de lesies van gewone schurft, terwijl de feitelijke aantasting eerder kan hebben plaatsgevonden. Het verdient aanbeveling de melding van Waterer in Nederland te verifiëren.

3.2.5 Antagonisten

Labruyère (1971) vond in potexperimenten goede resultaten met antagonisten (actinomyceten), maar onder praktijkomstandigheden vielen de resultaten tegen of waren zelfs negatief. Sindsdien zijn er in Nederland geen onderzoekingen naar of aanwijzingen geweest voor kansrijke toepassingen van antagonisten. In hoofdstuk 2 is evenwel duidelijk geworden dat in de recente literatuur aangrijpingspunten gevonden zijn voor potentiële mogelijkheden.

3.2.6 Regen opwekken

Er is onderzoek gedaan naar het induceren van regen door in de bewolking condensatiekernen (zilvernitraat of andere zouten) te brengen. Dit betekent niet dat vanuit het niets regen kan worden gemaakt: er moet in ieder geval sprake zijn van bewolking met voldoende vochtinhoud. De techniek heeft een zeer beperkte stuurbaarheid ten aanzien van de plaats waar de regen moet gaan vallen en ten aanzien van de hoeveelheid die wordt gewenst. Gezien de plaatsspecifieke vraag om regen in het geval van de pootaardappelteelt, moet er al sprake zijn van een algemene behoefte aan regen, wil er geen sprake zijn van een belangentegenstelling tussen de lokale behoefte aan regen resp. droogte.

De techniek wordt wel toegepast om wolken "leeg" te laten regenen juist vóórdat ze een bepaalde plaats hebben bereikt (Rusland) of om de hevigheid van buien en de grootte van hagelstenen te beperken (Amerika, Zuid Europa). Het werk dat er in Nederland – reeds lang geleden – aan regen maken gedaan is, is niet erg succesvol geweest.

3.2.7 Ontsmet oppervlaktewater

Er zijn diverse middelen waarmee in water micro-organismen kunnen worden gedood. Op deze wijze zou besmet water kunnen worden ontsmet voordat het op aardappelgewassen wordt gebruikt. Hoewel dit in theoretische en technische zin mogelijk is, moet een aantal belangrijke praktische problemen worden overwonnen voordat introductie mogelijk is. In de eerste plaats moet een werking van 100% gegarandeerd zijn, ook bij de waterdebieten waarvan bij berekening sprake is. Verder moet er sprake zijn van een geborgd systeem dat garandeert dat er noch technisch noch anderszins iets mis kan gaan. Op het moment van het schrijven van dit rapport wordt gestudeerd op de werkzaamheid van actieve stoffen, de technische toediening en borging daarvan.

Voor het ontsmetten van met bruinrotbacteriën besmet water is recent een PRI-onderzoeksvoorstel uitgegaan naar het HPA.

3.2.8 Leidingwater

Leidingwater als alternatief voor oppervlaktewater is uit kwalitatief oogpunt (microbiologisch en zoutgehalte) ideaal. Een belangrijk voordeel ten opzichte van bronwater is dat met zekerheid opbrengstderiving en een geringer knolaantal ten gevolge van een verhoogd zoutgehalte achterwege zullen blijven. De voornaamste potentiële problemen bij het gebruik van leidingwater zijn de kosten voor water, tussenopslag, de eventuele piekbelasting van het waterleidingnet en het vervoer van het water naar de aardappelpercelen.

De capaciteit van (meerdere) regeninstallaties is zodanig dat het benodigde water niet direct van het waterleidingnet kan worden betrokken. Er is daarom een tussenopslag nodig. In het geval van een redelijke verkaveling kan voor dit bassin een strategische plaats worden gekozen. In het geval van verspreid liggende percelen, al of niet door het huren van grond, wordt deze keuze moeilijk. Het jaarlijks aanleggen van een bassin bij aardappelpercelen lijkt kostentechnisch niet haalbaar. In onderstaand voorbeeld is gerekend met een goed verkavelde situatie voor een jaarlijks aardappelareaal van 10 ha, te beregenen uit één bassin dat op zijn plaats kan blijven liggen. Er is hierbij vanuit gegaan dat een voorraad beschikbaar moet zijn voor 2 maal beregenen met 20 mm per keer. Met deze 40 mm moet een ernstige schurftaantasting te voorkomen zijn, mits het water op de meest strategische momenten wordt toegediend. De kosten zijn indicatief na opvraag bij een bedrijf dat de aanleg van dergelijke bassins verzorgt.

Tabel 1. **Kosten voor aanleg van een bassin van 4000 m³ (35 * 40 meter).**

Post	Eenheid	Aantal	Prijs in euro per eenheid, excl. BTW	Prijs in euro excl. BTW	% BTW	Prijs in euro incl. BTW
Kraanwerk	Uur	20	50	1000	6	1060
Folie	M ²	1800	1,90	3420	19	4069,80
Taluddoek	M ²	1500	1,35	2025	19	2409,75
Tegelzakken	M	150	2	300	19	357
Arbeid aanleg				700	19	833
Kleinmateriaal				45	19	53,55
Totaal				7490		8783

Bij een gemiddelde rente van 3% (berekend à 6% over de gemiddelde waarde gedurende de economische levensduur van 16 à 17 jaar, met 10% restwaarde), 3% voor onderhoud en verzekering en een afschrijving van 6% komen de jaarkosten (totaal 12%) op 1054 euro. De kosten voor eventueel productieverlies van bruto 1500 m² en eventuele stortkosten voor folie aan het eind van de levensduur zijn niet inbegrepen. Ook zijn de kosten voor leidingen voor aanvoer naar de regeninstallatie (in het geval dat daarvoor geen afgedamde sloten kunnen worden gebruikt) niet inbegrepen.

Tabel 2. **Leidingwaterkosten voor 2 maal beregenen met 20 mm per keer op 10 ha aardappelen.**

Post	Eenheid	Aantal	Prijs in euro per eenheid, excl. BTW	Prijs excl. BTW	% BTW	Prijs incl. BTW
Vaste kosten aansluiting	Euro per maand	12	6,71			80,52
Water	Kuub	4000	0,4394			1757,60
Totaal						1838,12

De totale jaarkosten van een bassin voor 10 hectare aardappelen en het vullen daarvan met 40 mm per hectare komen hiermee op 2900 euro. Dit komt overeen met 290 euro ofwel 640 gulden per hectare.

3.2.9 Bronwater

Bronwater is een veilig alternatief voor (met bruinrot besmet) oppervlaktewater. In veel (pootgoed)gebieden is echter slechts water aan te boren dat een (aanzienlijk) hoger zoutgehalte heeft dan oppervlaktewater en leidingwater. Bedacht moet worden dat op veel plaatsen het oppervlaktewater ook reeds een zeker zoutgehalte bevat. Het nadeel van bronwater ten opzichte van oppervlaktewater is dan ook vaak wat minder

groot dan soms op basis van leidingwater is onderzocht.

Hoe het ook zij, er zijn grenzen aan de zoutgehalten in het water dat voor beregening van aardappelen kan worden gebruikt. Sommige, maar niet alle, nadelen van een hoog zoutgehalte kunnen door irrigatietechnieken worden ondervangen.

In het navolgende worden de gevolgen van beregening met water met een hoog zoutgehalte besproken, de mogelijkheden van druppelirrigatie en waar op te letten bij het eventueel slaan van een waterbron.

3.2.9.1 Beregening met zout bronwater

Labryère (1971) meldt dat 2 gram chloride per liter het loof beschadigde en de opbrengst verlaagde (ten opzichte van zoet water) en dat op zware grond de bodemstructuur negatief werd beïnvloed. Ook zonder verhoogd zoutgehalte kan beregening evenwel de structuur en de oogstbaarheid negatief beïnvloeden. Bakker & Van der Galiën (1967) stellen dat met meer dan 1 gram chloride per liter niet kan worden beregend op aardappelen. Tegen de achtergrond van de noodzaak van schurftbestrijding stelt Van der Galiën echter in 1976 in de uitgave "pootaardappelteelt" van de consultants Akkerbouw in resp. Noordwest Friesland en Groningen, dat beregening met water tot 4000 mg chloride per liter alleen aan te raden valt wanneer de te verwachten schade door droogte of schurft groter is dan de te verwachten schade door chloor. De mate waarin afgeraden werd om dit water te gebruiken moet echter worden afgezet tegen het uitgangspunt dat er alternatief (beter) water voorhanden was. Nu dat alternatief (afgezien van wellicht leidingwater) er niet meer is, wordt de afweging anders. Drie maal beregenen met 2000 mg chloride per liter gaf 7% meer opbrengst dan niet beregenen, met 4000 mg per liter was de opbrengst 4% lager dan niet beregenen (Tabel 3).

Tabel 3. **Effect van drie maal 20 mm beregenen met verschillend zoutgehalte op opbrengst en knotal van pootaardappelen (Anon., 1976).**

3 * 20 mm	Niet beregend	Zoet water	2000 mg Cl / l	4000 mg Cl / l
Knollen per plant	14,2	15,4	13,0	12,7
Ton bruto per ha	37,7	44,0	40,4	36,2
Opbrengst relatief	100	117	107	96

Het is evident dat 4% opbrengstderving niet opweegt tegen het risico van een ernstige schurftaantasting. Wel bleek het aantal knollen per plant iets te dalen (12,7 per plant bij 4000 mg versus 14,2 bij niet beregenen), zodat de sorteerbare opbrengst wat meer dan 4% zal zijn afgenomen. Ondanks het feit dat drie maal beregenen bij scherp zonnig weer plaatsvond trad alleen bij 4000 mg chloride per liter schade aan het loof op, en niet bij 2000 mg per liter. Slofstra et al. (1982) melden in potproeven dat schade aan het loof ook bij bewolkt weer optrad bij 5000 mg chloride per liter, maar niet zozeer bij 2250 mg chloride per liter. Het lijkt er dus op dat schade aan het loof tot een gehalte van 2000 à 2500 mg chloride per liter niet frequent en ernstig zal zijn. Bij hogere gehalten zal men meer beducht moeten zijn voor schade. Schade kan beperkt worden door 's avonds en 's nachts te beregenen. Met het oog op loofschade kan men het best het aantal keren beregenen met zout water beperken. Dit moet evenwel niet leiden tot zodanig hoge giften dat daardoor andere nadelige effecten ontstaan, zoals inefficiënt gebruik van het water, verslemping, en het stimuleren van poederschurft.

Het verdient sterke aanbeveling om beregening met water dat kans op enige schade aan het loof geeft, af te stemmen met de keurmeester.

3.2.9.2 Druppelirrigatie met zout bronwater

Naast beregening over het gewas kan ook worden gedacht aan het inzetten van de techniek van druppelirrigatie. Deze techniek heeft als voordeel dat in ieder geval het loof niet met het zoute water in contact komt en de selecteerbaarheid van het gewas gegarandeerd blijft.

De druppelirrigatietechniek is er één met hoge (vaste) kosten. De slangen moeten ieder jaar worden ingebracht, ongeacht of irrigatie nodig zal blijken te zijn. Er moet minimaal gerekend worden met jaarlijkse vaste kosten voor materiaal en arbeid van 925 euro per hectare. Dit is exclusief de kosten voor een bron

en exclusief de kosten voor jaarlijkse afvoer van de gebruikte slangen.

Voor een goede vochtvoorziening met het oog op de gewasgroei zou één slang tussen twee ruggen voldoende kunnen zijn, echter in pootgoed ontkomt men voor een bedrijfszekere bevochtiging van de rug – en dus van de schurftbestrijding – niet aan één slang in elke rug.

Alblas & Floot (2002) hebben recent onderzoek gedaan aan het gebruik van zout water in het systeem van druppelirrigatie. Gebleken is dat de schurftbestrijding het best was als een drempelwaarde van de pF van 2,3 werd gehanteerd. Deze waarde is lager dan de voor aardappelen gehanteerde drempel van 2,6 als het gaat om beregening ten behoeve van de productie van het gewas. In dit onderzoek werd overigens niet alleen geïrrigeerd tegen schurft, maar ook voor de opbrengst. Immers, de variabele kosten voor dit laatste zijn in dit systeem zeer gering.

Bij druppelirrigatie is het ijzergehalte van het gebruikt water van belang: bij een gehalte van meer dan 1 mg ijzer per liter moet er zuur aan het water worden toegevoegd om dichtslibben van de druppelopeningen te voorkomen.

Het is gebleken dat met deze techniek zonder nadelige gevolgen water tot 2000 mg chloride per liter kan worden gebruikt. Ten aanzien van de bruto opbrengst werd zelfs tot 5000 mg per liter geen nadelig gevolg gevonden (Tabel 4). Dit laatste heeft waarschijnlijk ook te maken dat met deze techniek eenvoudig de grond blijvend vochtig kan worden gehouden. Opbrengstschade na irrigatie met zout water treedt namelijk vooral op als na de beregening de grond uitdroogt. In drie jaar proeven werden geen problemen met de selecteerbaarheid van het gewas of met de structuur en rooibaarheid van de grond geconstateerd. Ten aanzien van rooibaarheid geldt – los van het zoutgehalte van het water – dat voor de loofdoding en oogst tijdig moet worden gestopt met de irrigatie om de grond in de rug voldoende droog te laten worden. Boven de 2000 mg chloride per liter doet zich echter wel een negatief effect op de sortering gelden (Tabel 4). Het hogere zoutgehalte zorgt voor de aanleg of het in stand blijven van minder knollen. Dit leidde tot aanzienlijke effecten op de opbrengst 28/55 mm. Gemiddeld over twee jaar was bij leidingwater deze opbrengst 38 ton, bij 3300 mg chloride per liter was het 32 ton en bij 5000 mg chloride per liter was het 30 ton. Rekenend met een opbrengstprijs van 18 eurocent per kilogram kost 3300 mg chloride per liter ten opzichte van leidingwater 1080 euro. De kosten van het gebruik van leidingwater (zie paragraaf 3.2.7) wegen dus ruimschoots op tegen het nadelige effect van hoge zoutgehalten op het knolaantal en de netto afleverbare opbrengst.

Tabel 4 **Effect van druppelirrigatie met verschillend zoutgehalte op bruto en netto opbrengst van pootaardappelen (Naar Alblas & Floot, 2002).**

	Geen water	0 mg/l	3000 mg/l	5000 mg/l
Bruto (t/ha)	40,2	42,6	40,5	43,4
28/55 (aantal/m ²)	55	56	51	47
28/55 (t/ha)	36,9	38,3	32,0	29,9
Schurftindex	6,5	1,5	0,4	1,1
% blank	25	80	80	80

Doordat het nadelige effect op de sortering door de druppelirrigatietechniek niet wordt weggenomen moet geconcludeerd worden dat voor pootgoed de druppelirrigatietechniek niet het middel is om toch water met verhoogde chloridegehalten te kunnen gebruiken. Het voordeel moet dus geheel komen van het feit dat bij druppelirrigatie er ten opzichte van beregening geen kans is op schade aan het loof en een geringere kans op een negatief effect op de opbrengst, naast het sorteringseffect. Uit dit voordeel moet het verschil in kosten per hectare tussen conventioneel beregenen en druppelirrigatie worden terugverdiend.

3.2.9.3 Het slaan van een grondwaterbron

Bij het slaan van een grondwaterbron moet er in de eerste plaats op gelet worden of er sprake is van een vergunningsplicht en zo ja, welke beperkingen deze eventueel met zich meebrengt.

Bij het slaan van een bron gaat het er om een laag aan te boren die een voldoende laag chloridegehalte

bevat en die bovendien voldoende watervoerend is om aan een zekere capaciteitseis te voldoen. De zoutgehaltes in en watervoerendheid van lagen verschilt sterk van plaats tot plaats. Uit de gehalten van eventuele bronnen in de omgeving, de ervaring van boorbedrijven en gegevens bij de provincie kan vaak enige indicatie worden verkregen over de kans op succes. Uit een proefboring zal evenwel definitief moeten blijken of en op welke diepte bruikbaar water wordt gevonden. Ook in Noord-Nederland blijkt – weliswaar veelal op grote diepte – op sommige plaatsen bruikbaar water te kunnen worden gevonden.

Indicatieve kosten voor een proefboring tot 100 meter diepte zijn 30 euro per meter diepte, tot 150 meter: 33 euro per meter diepte. De definitieve kosten voor een bron van 80 à 90 kubieke meter per uur bedragen ongeveer 75 euro per meter diepte. Bij het definitief slaan van een bron gaan hier wel de kosten van de proefboring van af. Deze kosten zijn exclusief pomp. De kosten daarvan hangen sterk af van welke diepte het water moet worden opgepompt. Door op strategische plaatsen te laten proefboren, kunnen de kosten wellicht met een aantal potentiële gebruikers worden gedeeld.

3.2.10 Ontziltling van zout (bron)water

In principe kan (bron)water van zout ontdaan worden met osmose-installaties. Het is een techniek die kwalitatief goed water oplevert (95% van de zouten wordt verwijderd). Het is echter ook een techniek die een kostbare installatie vergt (indicatie: 500 000 euro voor een capaciteit van 85 m³ per uur). Hier komen nog variabele kosten bij voor (forse) stroomafname als gevolg van een geïnstalleerd vermogen van zeker 100 kW (inclusief bronpomp). Dit betekent dat het water effectief (zonder veel verlies) moet kunnen worden gebruikt en er een fors aantal hectares poot aardappelen moet kunnen worden bediend om deze investering ten opzichte van alternatieven rendabel te maken. Bij een areaal van 50 hectare poot aardappelen bedraagt de investering 10000 euro per hectare, bij jaarkosten van 15% kom het op 1500 euro per hectare poot aardappelen per jaar. Dit is nog aanzienlijk meer dan de eerder geschetste kosten van leidingwater, die bovendien in hogere mate variabel zijn die van de osmose-installatie. Het rendement van een dergelijke installatie kan worden verhoogd naarmate ook andere (hoog salderende) gewassen er mee kunnen worden bediend en naarmate het jaarlijkse beroep op de installatie een grotere zekerheid kent.

Voordat een dergelijke installatie gebouwd kan worden moet echter ook rekening gehouden worden met het feit dat dit systeem ook een afvoerende waterstroom heeft waarin de onttrokken zouten geconcentreerd zijn. Dit water moet worden teruggevoerd in de bodem of anderszins worden “afgezet”.

3.3 Conclusies

- Met behulp van bemesting, grondbewerking en beddenteelt zijn slechts beperkte effecten mogelijk bij het terugdringen van schurftaantasting. Qua omvang en bedrijfszekerheid kunnen deze effecten niet wedijveren met het effect van beregening tijdens de knolaanleg.
- Het schurftverminderende effect van een bekalking bij hoge bodem-pH is in Nederland wel geconstateerd, maar niet als onderzoeksspoor gevolgd.
- Op schurftgevoelige grond kan beter enkele keren met zout water (tot 4000 mg chloride per liter) worden beregend dan dat helemaal niet wordt beregend.
- Het risico van bladverbranding lijkt bij chloridegehalten tot 2000 à 2500 mg per liter water beperkt te zijn.
- Druppelirrigatie voorkomt het risico van bladbeschadiging als gevolg van het gebruik van zout water.
- Druppelirrigatie (met zout water tot 5000 mg chloride per liter) voorkomt ook het risico van bruto opbrengstschade als gevolg van uitdroging van de grond na toediening van zout water.
- Druppelirrigatie voorkomt **niet** dat zout water het aantal knollen reduceert en daarmee de netto afleverbare opbrengst aanzienlijk verlaagt. Dit effect kost aanzienlijk meer dan het gebruik van leidingwater.
- De meerkosten van druppelirrigatie ten opzichte van beregenen met hetzelfde water moeten worden terugverdiend met een geringere kans op schade aan loof en aan bruto opbrengst.
- Een ontziltingsinstallatie lijkt vooralsnog een te duur alternatief in het kader van schurftbestrijding in de poot aardappelteelt.
- Kostentechnisch is het gebruik van leidingwater, inclusief de aanleg van een bassin goed te overzien. Het brengt evenwel een aantal logistieke problemen met zich mee.

3.4 Lezingen en artikelen

Over de inhoud van hoofdstuk 3 werden reeds enkele lezingen gehouden en artikelen gepubliceerd.

3.4.1 Lezingen

- Veerman, A., "Schurftbestrijding zonder oppervlaktewater", 29 januari 2003, Lezing voor NLTO te Sint Annaparochie.
- Bus, C.B., "Schurftbestrijding zonder oppervlaktewater", 14 februari 2003, Lezing voor CAH-studenten te Lelystad.

3.4.2 Artikelen

- Anonymus, 2003. Zout water kans in strijd tegen schurft, Het Landbouwblad 12, nr. 5, p.1.
- Feenstra, J., 2003. Pootgoedteler moet op zoek naar bron of bassin, Het Landbouwblad 12, nr. 5, p.24.
- Anonymus, 2003. Water beste tegen schurft, Boerderij 88, nr. 18, p. 22
- Veerman, A., 2003. Overweeg proefboring bronwater, Boerderij 88, nr. 25, p. 24.
- Knuivers, M., 2003. Beregen tegen schurft waar dat nog kan, Boerderij/Akkerbouw 88, nr. 6, p. 29.

3.5 Geraadpleegde literatuur

Naar de cursief gedrukte titels is in de voorgaande tekst verwezen, in de overige referenties kan aanvullende informatie worden aangetroffen.

- Alblas, J. & H. Froot, 2002. Druppelirrigatie met brak water voor schurftbestrijding in pootaardappelen. PPO-projectrapport nr. 1123410-1, 45 p.*
- Anonymus, 1939. Schurftziekte bij aardappelen. Departement van economische zaken directie van den landbouw. 118 pp.
- Anonymus, 1953. Schurftziekte van aardappelen. Stichting aardappel studie centrum, publicatie nummer 2, p. 17-26.
- Anonymus, 1957. Schurftbestrijding: Wanneer? 65ste jaarverslag van het rijkslandbouwkonsulentenschap te Leeuwarden, p. 76-77.
- Anonymus, 1960. Schurft bij aardappelen. 68ste jaarverslag van het rijkslandbouwkonsulentenschap te Leeuwarden, p. 93-95.*
- Anonymus, 1961. Pok op aardappelen. 69ste jaarverslag van het rijkslandbouwkonsulentenschap te Leeuwarden, p. 125.*
- Anonymus, 1976. Pootaardappelteelt. Consulentschap voor de akkerbouw en rundveehouderij voor Noord-West friesland en Consulentschap voor de akkerbouw te Groningen, 86 pp.*
- Baars, C., 1968. Bestrijding van schurftaantasting bij aardappelen door beregening. Landbouwvoorlichting, jg. 25, 3, p.138-142.*
- Bakker, J. & M. v.d. Galiën, 1963. Beregenen van pootaardappelen. Voorlichting en onderzoek, Akker- en tuinbouw, Rijkslandbouwconsulentenschap – Leeuwarden, p. 48-51.*
- Bakker, J. & M. v.d. Galiën, 1964. Beregenen van pootaardappelen. Voorlichting en onderzoek, Akker- en tuinbouw, Provinciale directie voor de rijkslandbouwvoorlichting in Friesland, p. 40-43.
- Bakker, J. & M. v.d. Galiën, 1965. Beregenen van pootaardappelen. Voorlichting en onderzoek, Akker- en tuinbouw, Provinciale directie voor de rijkslandbouwvoorlichting in Friesland, p. 48-51.*
- Bakker, J. & M. v.d. Galiën, 1966. Beregenen van pootaardappelen. Voorlichting en onderzoek, Akker- en tuinbouw, Provinciale directie voor de rijkslandbouwvoorlichting in Friesland, p. 42-45.*
- Bakker, J. & M. v.d. Galiën, 1967. Geen schurft meer op aardappelen. Voorlichting en onderzoek, Akker- en tuinbouw, Provinciale directie voor de rijkslandbouwvoorlichting in Friesland, p. 36-39.*
- Bång, H., 1979. Studies on potato russet scab. I. A characterization of different isolates from northern Sweden. Acta Agric Scand 29, 145-150.*
- Bång, H., 1995. Effects of nitrogen sources on development of netted scab. Acta Agric. Scand. Sect. B, Soil and Plant Sci. 45, p. 268-270.

- Bartz, J.F. & K.C. Berger, 1958. Urea formaldehyde concentrate-85, a promising control for potato scab. *Agricultural and food chemistry*, Vol. 6, No. 9, p. 675-677.
- Bausch, J. & L.C. Struijs, 1954. De invloed van boriumgebrek, kalktoestand en enkele andere factoren op het optreden van aardappelschurft. *Kalk*, Nr. 7, p. 1-17.
- Boekel, p., 1964a. Bezanding van zware kleigronden. Voorlichting en onderzoek, Akker- en tuinbouw, Provinciale directie voor de rijkslandbouwvoorlichting in Friesland, p. 12-14.
- Boekel, p., 1964b. *Schurft bij aardappelen in verband met de eigenschappen van de grond. Landbouwkundig onderzoek noordelijk Groningen, Directie van de landbouw, p. 45-47.*
- Boer, H. ten, 1959. Schurftonderzoek bij aardappelen. Landbouwkundig onderzoek noordelijk Groningen, Directie van de landbouw, p. 32-34.
- Boer, H. ten, 1961. *Onderzoek naar de bestrijding van schurft bij pootaardappelen. Landbouwkundig onderzoek noordelijk Groningen, Directie van de landbouw, p. 29-30.*
- Boer, H. ten, 1962. *Onderzoek naar de bestrijding van schurft bij pootaardappelen. Landbouwkundig onderzoek noordelijk Groningen, Directie van de landbouw, p. 33-36.*
- Boer, H. ten, 1963. *Het schurftonderzoek. Landbouwkundig onderzoek noordelijk Groningen, Directie van de landbouw, p. 29-30.*
- Boer, H. ten, 1965. *Zijn schurft en rhizoctonia met meststoffen te voorkomen? Landbouwkundig onderzoek noordelijk Groningen, Directie van de landbouw, p. 27-30.*
- Boer, H. ten & H.G. van de Meer, 1966. *Schurftonderzoek. Landbouwkundig onderzoek noordelijk Groningen, Directie van de landbouw, p. 23-28.*
- Boer, H. ten, 1969. *Schurftonderzoek. Landbouwkundig onderzoek noordelijk Groningen, Provinciale directie voor de rijkslandbouwvoorlichting in Groningen, p. 42-45.*
- Boerma, M. & C. B. Bus, 2001. Poederschurft bij zetmeelaardappelen. In PPO-informatiebundel "Zetmeelaardappelen telen en bewaren", p. 16 –19.
- Boerma, M., 1999. Invloed van de pH op schurftgevoeligheid van zetmeelaardappelrassen. In *Onderzoek 1998. Uitgave Stichting Praktijkonderzoek voor de Akkerbouw en Vollegrondsgroenteteelt in Noord- en Noordoost-Nederland*, p. 100-102.
- Bonde, M.R. & G.A. McIntyre, 1968. *Isolation and biology of a streptomyces sp. Causing potato scab in soils below pH 5.0. American Potato Journal, Vol. 45, p. 273-278.*
- Bouchek-Mechiche, K., C. Pasco, D. Andrivon & B. Jouan, 2000a. *Differences in host range, pathogenicity to potato cultivars and response to soil temperature among Streptomyces species causing common and netted scab in France. Plant Pathology 49, p. 3-10.*
- Bouchek-Mechiche, K., L. Gardan, p. Normand & B. Jouan, 2000b. DNA relatedness among strains of *Streptomyces* pathogenic to potato in France: description of three new species, *S. europaeiscabiei* sp. Nov. And *S. stelliscabiei* sp. Nov. Associated with common scab, and *S. reticuliscabiei* sp. Nov. Associated with netted scab. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 50, p. 91-99.
- Brazda, G. 1994. *Auftreten des Kartoffelschorfs (Streptomyces scabies) und Möglichkeiten der Befallsminderung. Kartoffelbau. 45. Jg. 3, p. 98-105.*
- Brazda, G., 1995. *Kartoffelschorf (Streptomyces scabies), Besonderheiten des Befalls und des Auftretens. Kartoffelbau. 46. Jg. 4, p. 150-152.*
- Brazda, G., 1997. *Begutachtung des Auftretens von Kartoffelschorf auf der Oberfläche der Knollen, Vorschlag für eine Boniturmethode. Kartoffelbau. 48. Jg. 7, p. 284-285.*
- Bruyn, H.L.G. de, 1943. Aardappelschurft en vruchttopvolging. *Tijdschrift over plantenziekten*, 49e Jrg. Mei-juni, p. 100-109.
- Bus, C. B. & Js. Roosjen. 1998. Gewone schurft en poederschurft: een probleem! *Informa* Jg 29, april, p.3.
- Bus, C. B., 1999. Bestrijding van gewone schurft. *Het Landbouwblad. Agrarisch vakblad voor Noord-Nederland. Jrg. 5, nr. 6, 13 februari, p. 19.*
- Bus, C.B., 2002. *Onderzoek bestrijding gewone schurft in aardappel, Projectrapport 1154381, PPO, Lelystad, 36 pp.*
- Chaudhary, K.C.B., 1967. Influence of copper and zinc on the incidence of potato scab. *Neth. J. PL. Path.* 73, p. 49-51.
- Conn K.L. & G. Lazarovits, 1999. *Impact of animal manures on Verticillium wilt, potato scab, and soil microbial populations. Canadian Journal of Plant Pathology 21, p. 81-92.*

- Conn, K.L., E. Leci, G. Kritzman & G. Lazarovits, 1998. A quantitative methode for determinating soil populations of streptomycetes and differentiating potential potato scab-inducing strains. *Plant Disease* Vol. 82, No. 6, p. 631-638.
- Emden J.H. van & R.E. Labruyère, 1958. Results of some experiments on the control of common scab of potatoes by chemical treatment of the soil. *Eur. Potato J.*, Vol. 1, No. 2, p. 14-24.
- Emilsson, B. & A. Heiken, 1956. Studies on the development and structure of the periderm of the potato tuber in relation to scab resistance. *Acta Agriculturae Scandinavica*, VI: 2, p. 229-242.
- Floot, H.W.G., 1995. *Bestrijding van (poeder)schurft bij de teelt van pootaardappelen. KW 266. In Proefveldverslag 1995 voor de klei-akkerbouw in Groningen en Friesland. Stichting proefboerderijen noordelijke akkerbouw, p. 74-76.*
- Floot, H.W.G., 1996. Bestrijding van (poeder)schurft bij de teelt van pootaardappelen. KW 266. In Proefveldverslag 1995 voor de klei-akkerbouw in Groningen en Friesland. Stichting proefboerderijen noordelijke akkerbouw, p. 74-76.
- Floot, H.W.G., 1997. Bestrijding van (poeder)schurft bij de teelt van pootaardappelen. KW 302. In Proefveldverslag 1996 voor de klei-akkerbouw in Groningen en Friesland. Stichting proefboerderijen noordelijke akkerbouw, p. 62-64.
- Floot, H.W.G., 1998. Bestrijding van gewone schurft bij de teelt van pootaardappelen. KW 329. In Proefveldverslag 1997 voor de klei-akkerbouw in Groningen en Friesland. Stichting proefboerderijen noordelijke akkerbouw, p. 67-70.
- Floot, H.W.G., 1998. Teelt van pootaardappelen op bedden ter vermindering van schurft. KW 328. In Proefveldverslag 1998 voor de klei-akkerbouw in Groningen en Friesland. Stichting proefboerderijen noordelijke akkerbouw, p. 75-77.
- Floot, H.W.G., 1999. Bestrijding van gewone schurft bij de teelt van pootaardappelen. KW 364. In Proefveldverslag 1998 voor de klei-akkerbouw in Groningen en Friesland. Stichting proefboerderijen noordelijke akkerbouw, p. 52-54.
- Floot, H.W.G., 2000. Bestrijding van gewone schurft bij de teelt van pootaardappelen. KW 385. In Proefveldverslag 1999 voor de klei-akkerbouw in Groningen en Friesland. Stichting proefboerderijen noordelijke akkerbouw, p. 52-54.
- Galiën, M. v.d., & J.Y. Zijlstra, 1963. Aardappelschurft. Voorlichting en onderzoek, Akker- en tuinbouw, Rijkslandbouwconsulentschap – Leeuwarden, p. 52-53.
- Galiën, M. v.d., 1984. Het beregenen van pootaardappelen. *De Pootaardappelwereld*, mei 1984-10, p. 12-14.
- Galiën, M. v.d., J. Postma & J. Zijlstra, 1964. Aardappelschurft. Voorlichting en onderzoek, Akker- en tuinbouw, Provinciale directie voor de rijkslandbouwvoorlichting in Friesland, p. 36-39.
- Galiën, M. van de, 1983. *Tijdig beregenen voorkomt schurft bij aardappelen. Boerderij/Akkerbouw 68, nr. ..., p. 21AK-22AK.*
- Geelen, p.M.T.M., 1997. Invloed van kalk- en kalitoestand van de bodem op schurft (WR 500/96). Van Onderzoek naar Voorlichting. Löss/Rivierklei 1996 Onderzoeksresultaten van het Regionaal Onderzoek Centrum Akkerbouw "Wijnandsrade", p. 46-48.
- Genet, R.A., J.W. Marshall, R.E. Falloon, H.M. Nott, M. Braithwaite, A.R. Wallace, J. D. Fletcher, W.F. Braam & S.R. Bulman, 1995. Strategies for control of powdery scab of potato. *CropSeed Confidential Report* No. 220, 20 pp.
- Goffart, J.P. & G. Ampe, 1996. *Bestrijding van gewoon schurft bij aardappelen veroorzaakt door Streptomyces species. Landbouwcentrum aardappel – Bestrijding van gewoon schurft – Resultaten oogst 1996, p. 79-84.*
- Haan, S. de, 1955. *Compost en aardappelschurft. De Pootaardappelhandel, november 1955.*
- Hayashida S., M.Y. Choi, N. Nanri, M. Yokoyama & T. Uematsu, 1989. Control of potato common scab with an antibiotic biofertilizer produced from swine faeces containing *Streptomyces albidoflavus* CH-33. *Agricultural and biological Chemistry* 53 (2), p. 349-354.
- 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, p. 77-87.
- Hoekstra O. & J.G. Lamers, 1993. *28 jaar De Schreef. PAGV, Lelystad, publicatie 67, 207 pp.*
- Hooker, W.J. & G.C. Kent, 1950. Sulfur and certain soil amendments for potato scab control in the peat soils of Northern Iowa. *American Potato journal*, Vol. 27, No. 10, p. 343-365.

- Jaarsma, F., 1955. Een lastig schoonheidsgebrek. 63ste jaarverslag van het rijkslandbouwkonsulentenschap te Leeuwarden, p. 56-58.
- Jensma, A., 1956. Schurftbestrijding: een lastig probleem. 64ste jaarverslag van het rijkslandbouwkonsulentenschap te Leeuwarden, p. 87-89.
- Keinath, A.P. & R. Loria, 1993. Management of common scab of potato with plant nutrients. *Soilborne plant pathogens: Management of diseases with macro- and microelements*. Edited by A.W. Engelhard. Reprint. 1993.
- Labruyère, R.E., 1966. Berekening en aardappelschurft. Mededelingen NAK, Jg 22, nr. 12 april 1966, p. 106-108.
- Labruyère, R.E., 1971. *Common scab and its control in seed-potato crops*, 71 pp.
- Labruyère, R.E., L.C. Struys & M.M. Lint, 1957. Aardappelschurft, verslag van een bespreking gehouden op 10 oktober 1957 te Wageningen, Proefstation voor de akker- en weidebouw Wageningen, 35 pp.
- Lacey, M.J. & C.R. Wilson, 2001. Relationship of common scab incidence on potatoes grown in Tasmanian Ferrosol soils with pH, exchangeable cations and other chemical properties of those soils, *Journal of Phytopathology* 149, p. 679-683.
- Lambert, D.H. & F.E. Manzer, 1991. Relationship of calcium to potato scab, *Phytopathology* 81, p. 632-636.
- Lamers J.G., O. Hoekstra & K. Scholte, 1989. Relative performance of potato cultivars in short rotations. In: J. Vos et al., *Effects of crop rotation on potato production in the temperate zones*, Kluwer Academic Publishers, p. 57-65.
- Lapwood, D.H. & M.J. Adams, 1973. The effect of a few days rain on the distribution of common scab (*Streptomyces scabies*) on young potato tubers. *Ann. Appl. Biol.* 73, p. 277-283.
- Lapwood, D.H. & P.W. Dyson, 1966. An effect of nitrogen on the formation of potato tubers and the incidence of common scab (*Streptomyces scabies*), *Plant Pathology* 15, Nr. 1, p.9-14.
- Lapwood, D.H. & T.F. Hering, 1968. Infection of potato tubers by common scab (*Streptomyces scabies*) during brief periods when soil is drying. *European Potato Journal* 11, p. 177-187.
- Lapwood, D.H. & T.F. Hering, 1970. Soil moisture and the infection of young potato tubers by *Streptomyces scabies* (common scab). *Potato Res.* 13, p. 296-304.
- Lapwood, D.H., 1972. The relative importance of weather, soil- and seed-borne inoculum in determining the incidence of common scab (*Streptomyces scabies*) in potato crops. *Plant Pathology* 21, p. 105-108.
- Lazarovits G, M. Tenuta & K.L. Conn, 2001. Organic amendments as a disease control strategy for soilborne diseases of high-value agricultural crops. In *Proceedings of the second Australasian Soilborne Diseases Symposium, Lorne, Australia, 508 March 2001*. *Australasian Plant Pathology* 30: 111-117.
- Lewis, B.G., 1962. Host-parasite relationships in the common scab disease of potato, Ph.D. Thesis, University of Nottingham.
- Lewis, B.G., 1970. Effects of water potential on the infection of potato tubers by *Streptomyces scabies* in soil. *Ann. Appl. Biol.* 66, p. 83-88.
- Lorang, J.M., D. Liu, N.A. Anderson & J.L. Schottel, 1995. Identification of potato scab inducing and suppressive species of *Streptomyces*. *Phytopathology* Vol. 85, No. 3, P 261-268.
- Loria R, Bukhalid RA, Fry BA, King RR, 1997. Plant pathogenicity in the genus *Streptomyces*. *Plant Disease* 81:836-846.
- McGregor, A.J. & G.C.S. Wilson, 1964. The effect of applications of manganese sulphate to a neutral soil upon the yield of tubers and the incidence of common scab in potatoes. *Plant and Soil* XX. No. 1, p.59-65.
- McGregor, A.J. & G.C.S. Wilson, 1966. The influence of manganese on the development of potato scab. *Plant and Soil* XXV. no. 1, p. 3-16.
- McIntosh, A.H. & G.L. Bateman, 1979. Effects of foliar sprays of daminozide on the incidence of potato common scab. *Ann. Appl. Biol.* 92, p. 29-38.
- McIntosh, A.H., G.L. Bateman, K. Chamberlain, G.W. Dawson & M.M. Burrell, 1981. Decreased severity of potato common scab after foliar sprays of 3,5-dichlorophenoxyacetic acid, a possible antipathogenic agent. *Ann. Appl. Biol.* 99, p. 275-281.
- Meijers, p.G., 1935. Landbouwkundige maatregelen tegen de aardappelschurft. Uit het landbouwkundig

- tijdschrift, maandblad van het Ned. Genootschap voor landbouwwetenschap. 47ste jaargang, No. 579, p. 1-8.
- Menzies, J.D., 1958. Biological control of potato scab. Soil conservation No. 36, p. 14, 15.
- Nanri N., Y. Gohda, M. Ohno, K. Miyabe, K. Furukawa & S. Hayashida, 1992. Growth promotion of fluorescent pseudomonads and control of potato common scab in field soil with non-antibiotic actinomycete biofertilizer. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry* 56 (8), p. 1289-1292.
- Novikova N.B. The use of natural biofactors in the control of potato common scab. *Nauchn. Trudy Nil Kartof. Kh va.* 24, p. 107-111.
- Pavlista, A.D., 1995. Kontrolle des Kartoffelschorfes mit Schwefel und Ammoniumsulfat. *Kartoffelbau.* 46 Jg. 4, p. 154-157.
- Pavlista, A.D., 1996. How important is common scab in seed potatoes, *American Potato Journal* 73, p.275-278.
- Pickny, J. & J. Grocholl, 1995. Kartoffelschorf – Lässt sich der Befall durch eine Schwefeldüngung vermindern? *Kartoffelbau.* Jg 53-3, p. 76-78.
- Ridder, J. K., 1999. Beddenteelt bij aardappelen geeft soms minder schurft. PAV-bulletin nr. 1999/2 Jg. 3, p. 9-11.
- Ridder, J. K., 2000. Teelt van aardappelen op bedden ter vermindering van schurft. Project nr. 54.4.69. Intern documentatieverslag nr. 218 PAV, 17 p, 3-2-2000.
- Ridder, J.K. & H.W.G. Froot, 2000. Teelt van pootaardappelen op bedden ter vermindering van schurft. KW 387. In Proefveldverslag 1999 voor de klei-akkerbouw in Groningen en Friesland. Stichting proefboerderijen noordelijke akkerbouw, p. 55-60.
- Ridder, J.K., 1999. Teelt van pootaardappelen op bedden ter vermindering van schurft. KW 355. In Proefveldverslag 1998 voor de klei-akkerbouw in Groningen en Friesland. Stichting proefboerderijen noordelijke akkerbouw, p. 59-60.
- Rogers, p.F., 1969. Organic manuring for potato scab control and its relation to soil manganese. *Ann. Appl. Biol.* 63, p. 371-378.
- Roosjen, Js., 1998. Invloed van pH op de schurftgevoeligheid van fabrieksaardappelen. In Onderzoek 1997. Uitgave Stichting Praktijkonderzoek voor de Akkerbouw en Vollegrondsgroenteteelt in Noord- en Noordoost-Nederland, p. 110-112.
- Schaaf, A. van der, & Y. Roelevink, 1967. Schurftbestrijding door beregening. *Landbouwkundig onderzoek noordelijk Groningen, Provinciale directie voor de rijkslandbouwvoorlichting in Groningen*, p. 35-41.
- Schaaf, A. van der, 1968. Schurftbestrijding door beregening. *Landbouwkundig onderzoek noordelijk Groningen, Provinciale directie voor de rijkslandbouwvoorlichting in Groningen*, p. 48-52.
- Scholte, K. & R.E. Labryère, 1985. Netted scab: a new name for an old disease in Europe. *Potato Research* 28, p. 443-448.
- Scholte, K., 1991. Schurft bij aardappelen. *Dossier gewasbescherming 11/1991*, p. 32-34.
- Schmiedeknecht, G., H. Bochow & H. Junge, 1998. Use of *Bacillus subtilis* as biocontrol agent. II Biological control of potato diseases, *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz* 105, nr. 4, p.376-386
- Slofstra, J.G., J.G.H. Slangen & H.H.H. Titulair, 1982. Over de invloed van beregenen met zout water en van de zouttoestand in de grond op de opbrengst en samenstelling van pootaardappelen, *Potproef 1980, Interne mededeling no. 258, PAGV, Lelystad*, 59 pp.
- Stalham, M.A., D.M. Firman & E.J. Allen, 1996. Control of common scab bij manipulating frequency. Duration and quantity of irrigation. *Abstr. Of Conf. Papers. Posters and Demonstrations of the 13th Triennial Conference of the European Association for Potato Research, Veldhoven 14-19 July 1996*, p. 674-675.
- Tenuta M. & G. Lazarovits, 2002a. Ammonia and nitrous acid from nitrogenous amendments kill the microsclerotia of *Verticillium dahliae*. *Phytopathology* 92, p. 255-264.
- Tenuta M., Conn K.L. en Lazarovits G., 2002b. Volatile fatty acids in liquid swine manure can kill microsclerotia of *Verticillium dahliae*. *Phytopathology* 92, p. 548-552.
- Tenuta M. en Lazarovits G., 2002c. Identification of specific soil properties that affect the accumulation and toxicity of ammonia to *Verticillium dahliae*. *Canadian Journal of Plant Pathology* 2002: 24(2), p. 219-229.
- Terman, G.L., F.H. Steinmetz & A. Hawkins, 1948. Effects of certain soil conditions and treatments upon

- potato yields and the development and control of potato scab. The Maine agricultural experiment station, Bulletin 463, p. 1-31.
- Ushiki J., Tahara S., Hayakawa Y. en Tadano T. 1998. Medicinal plants for suppressing soilborne plant diseases: II Suppressive effect of *Geranium pratense* L. on common scab of potato and identification of the active compound. *Soil Science and Plant Nutrition*, 44 (2), 157-165.
- Waterer, D., 2001a. *Impact of high soil pH on potato yields and grade losses to common scab*, *Journal of Canadian Science* 82, 583-586.
- Waterer, D., 2001b. *Management of common scab of potato using planting and harvest dates*, *Journal of Canadian Science* 82, 185-189.
- Weinhold, A.R., J.W. Oswald, T. Bowman, J. Bishop & D. Wright, 1964. *Influence of green manures and crop rotation on common scab of potato*. *American potato journal*, Vol. 41, No. 9, p. 265-273.
- Wenzl, H. & H. Schlager, 1965. Kalkdüngung und Schorf der Kartoffel. *Pflanzenschutz-Berichte*, XXII, Heft 6/8, p. 103-118.
- Wenzl, H. & J. Demel, 1971. Kartoffelschorf und Pflanzgutwert, *Pflanzenschutz-Berichte* XLII, Nr. 7, p.137-154.
- Wenzl, H., 1975. Die Bekämpfung des Kartoffelschorfes durch Kulturmassnahmen. *PflKrankh.* 6/7/75, p. 410-424.
- Zijlstra, J.Y., 1962. *Bittere noodzaak. Voorlichting en onderzoek in Noordelijk Friesland*, p. 150-154.

4 Conclusies en aanbevelingen

4.1 Conclusies

In het literatuuronderzoek zijn geen aanknopingspunten gevonden voor direct toepasbare alternatieve beheers- en bestrijdingsmethoden voor gewone schurft, poederschurft en netschurft, die wezenlijk anders zijn dan de methoden die op dit moment bekend zijn.

Voor het inzetten van beregening ter beperking van de aantasting door gewone schurft zijn er momenteel geen praktische alternatieven die een vergelijkbare effectiviteit en bedrijfszekerheid hebben. Geconcludeerd wordt dat in eerste instantie het best kan worden gezocht naar alternatieven die toch beregening mogelijk maken, nu oppervlaktewater hiervoor (binnenkort) niet meer gebruikt kan worden. Deze alternatieven kunnen zijn: alternatief water (leidingwater, bronwater) of het ontsmetten van met bruinrot besmet oppervlaktewater. Dit laatste is een potentiële mogelijkheid die nog in onderzoek is en op dit moment niet voor praktisch gebruik gereed is. Het gebruik van leidingwater brengt logistieke problemen met zich mee, maar in een goed verkavelde situatie is het kostentechnisch een reëel alternatief. Het ontzilten van bronwater met een hoog zoutgehalte lijkt vooralsnog een te duur alternatief.

Praktische alternatieven anders dan beregening zijn op dit moment in zeer beperkte mate voorhanden. Ze beperken zich tot een positief effect van de verzurende werking van meststoffen en een positief effect van grondbewerking voor zover dit laatste leidt tot een hoger vochtgehalte van de grond. Deze alternatieven kunnen qua effect en bedrijfszekerheid echter niet concurreren met beregening.

In de literatuur zijn aanwijzingen gevonden dat na toediening van organische (mest)stoffen aan de bodem er sprake kan zijn van minder aantasting door gewone schurft. De kennis hierover is nog beperkt.

De literatuurstudie heeft bevestigd dat de bestrijding van schurft in aardappelen een complex probleem is. Toch zijn er evenwel aanknopingspunten gevonden voor onderzoek dat moet leiden tot meer kennis over de verschillende veroorzakers van schurft en begrip over hoe zij zich in de praktijk gedragen en manifesteren. De aanknopingspunten hebben enerzijds te maken met bio-interacties (wisselwerkingen tussen schurftveroorzakkers en het gewas alsook wisselwerkingen tussen schurftveroorzakkers en andere organismen in de bodem) en hebben anderzijds te maken met de invloed van lokale omstandigheden op grondpercelen (anders dan via beregening).

4.2 Aanbevelingen

In de volgorde van onderstaande opsomming mag geen prioriteitsvolgorde van de zijde van de schrijvers worden gelezen.

1. Onderzoeken of bij extreem hoge pH (8,5 à 9) de ontwikkeling van schurft wezenlijk wordt geremd.
2. Onderzoeken of bij lagere bodem-pH vetzuurbevattende varkensmest een onderdrukkende werking tegen schurft heeft.
3. Onderzoeken of bij hoge bodem-pH stikstofrijke organische materialen een schurftonderdrukkende werking hebben.
4. Oriënterend onderzoek uit te voeren in contrasterende schurftplekken gebruikmakend van bestaande methoden voor isolatie en identificatie. Hierbij vindt een situationele beschrijving van contrasterende schurftplekken binnen en tussen schurftgevoelige percelen plaats, analyse van schurftpathogenen (soorten; pathogeniteit) op zieke en gezonde knollen en beschrijving van lokale grond- en teeltomstandigheden in schurft(-vrije)plekken.
Dit onderzoek levert referentie isolaten (pathogene en niet-pathogene streptomyceten), en praktische aanknopingspunten voor nieuwe beheersstrategieën. Detectiemethoden vormen een belangrijke voorwaarde voor verder onderzoek. De thans beschikbare methoden voor pathogene Streptomyceten en *S. subterranea* zijn nog niet operationeel en dienen gevalideerd te worden alvorens voor

onderzoekdoeleinden te introduceren.

5. Op basis van aanbeveling 4 kiezen voor de ontwikkeling van één of meerdere beheersstrategieën gericht op i). detectie en schadevoorspelling, ii). resistentieverdedeling en iii). aansturen van de microflora in de bodem via toedieningen (o.a. compost, bemesting) en inoculatie (toepassing antagonisten).