

Cystenvrij (AM) maken van aardappelpootgoed

Auteurs:
Willemien Runia, Wianda van Gastel & Leendert
Molendijk

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving (PPO-AGV)

Projectnummer: 3250086400

Dit project maakt deel uit van het Actieplan Aaltjesbeheersing, een initiatief van het Productschap Akkerbouw, Productschap Tuinbouw en LTO Nederland. Binnen het Actieplan voeren diverse partijen gezamenlijk onderzoeks- en voorlichtingsprojecten uit op het gebied van aaltjesbeheersing om de continuïteit van teelten voor de Nederlandse land- en tuinbouw te waarborgen.

Informatie over het Actieplan Aaltjesbeheersing

Arjan Kuijstermans
Postbus 29739
2502 LS Den Haag
Telefoon: 070 - 370 84 26
Fax : 070 - 370 83 10
E-mail : aaltjesbeheersing@hpa.agro.nl
Internet : www.kennisakker.nl

Een initiatief van: Productschap Akkerbouw, Productschap Tuinbouw en LTO Nederland

Dit rapport is een uitgave van **Praktijkonderzoek Plant en Omgeving
Sector Akkerbouw, Groene ruimte en Vollegrondsgroenten**

Edelhertweg 1, 8219 PH Lelystad

Postbus 430

8200 AK Lelystad

Telefoon: **032 – 029 11 11**

Fax : **032 – 023 04 79**

E-mail : leendert.molendijk@wur.nl

Internet: **www.ppo.wur.nl**

© 2009, **december Lelystad, PPO - AGV.**

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 **PPO – AGV.**

Hoewel de inhoud van deze uitgave met zorg is samengesteld, kunnen hieraan op geen enkele wijze rechten worden ontleend.

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

PPO-agv

Adres : Edelhertweg 1, Lelystad

: Postbus 430, 8200 AK Lelystad

Tel. : 0320 - 29 11 11

Fax : 0320 - 23 04 79

E-mail : willemien.runia@wur.nl

Internet : www.ppo.wur.nl

Inhoudsopgave

SAMENVATTING	5
1 INLEIDING.....	7
2 PROEFOPZET EN UITVOERING 2007.....	9
2.1 Selectie bedrijven.....	9
2.2 Aardappelogst en bemonsteringen.....	9
2.3 Sorteren en bemonsteringen.....	9
2.4 Wassen pootgoed en bemonsteringen.....	10
2.5 Beoordelingen.....	11
2.6 Vitaliteitsproef cysten na wassen 2007	11
3 RESULTATEN 2007	13
3.1 Grondkarakteristieken geselecteerde bedrijven.....	13
3.2 Beoordelingen.....	13
3.3 Vitaliteitsproef cysten na wassen 2007	15
4 PROEFOPZET EN UITVOERING 2008.....	17
4.1 Selectie bedrijven.....	17
4.2 Aardappelogst en bemonsteringen.....	17
4.3 Sorteren en bemonsteringen.....	17
4.4 Wassen pootgoed en bemonsteringen.....	17
4.5 Borstelen en sorteren.....	18
4.6 Vitaliteitsproef 2008 cysten na wassen	18
5 RESULTATEN 2008	19
5.1 Grondkarakteristieken geselecteerde bedrijven.....	19
5.2 Beoordelingen.....	19
5.3 Vitaliteitsproef cysten na wassen 2008	21
6 LITERATUURONDERZOEK ONTSMETTINGSMIDDELEN EN METHODIEKEN.....	23
6.1 Inleiding	23
6.2 Algemeen.....	23
6.3 Reinigen	23
6.4 Ontsmetten	24
7 DISCUSSIE EN CONCLUSIE.....	31
8 LITERATUUR	35
BIJLAGE 1 WASPROCES DE KUBBE TE BIDDINGHUIZEN	37
BIJLAGE 2 GEMIDDELDE HOEVEELHEDEN GROND PER AARDAPPEL 2007.....	38
BIJLAGE 3 GEMIDDELDE AANTALLEN CYSTEN PER AARDAPPEL 2007	38
BIJLAGE 4 GEMIDDELDE HOEVEELHEDEN GROND PER AARDAPPEL 2008.....	39
BIJLAGE 5 GEMIDDELDE AANTALLEN CYSTEN PER AARDAPPEL 2008	39

SAMENVATTING

Het aardappelcysteaaltje (ACA) is een quarantaineorganisme dat zich kan verspreiden via pootgoed. Het aaltje kan aanwezig zijn in aanhangende grond of zich bevinden in onregelmatigheden van de schil zoals diepe ogen of kraters van schurft. De aanwezigheid van aardappelcysteaaltjes in een partij pootgoed geeft problemen bij de afzet (afkeuringen). Het Productschap Akkerbouw heeft, in het kader van het Actieplan Aaltjesbeheersing, PPO-AGV opdracht gegeven de bestaande schoningstechnieken (wassen en borstelen) te testen op effectiviteit tegen aardappelcysteaaltjes en deze te optimaliseren. Daarnaast is opdracht verstrekt literatuuronderzoek uit te voeren over dit onderwerp.

Cysten van ACA bevinden zich uitsluitend **op** de knol en komen niet inwendig in de knol voor. Wanneer partijen gegarandeerd cystenvrij gemaakt zouden kunnen worden door een uitwendige ontsmetting dan zou de afzet als pootgoed misschien weer mogelijk worden. Daarbij dient de pootgoedkwaliteit van de knollen intact te blijven. Randvoorwaarde is dat de methodiek uit het oogpunt van milieu verantwoord is.

Het onderzoek is uitgevoerd met de pootgoedsortering van ACA-besmette consumptieaardappels. In 2007 zijn de rassen Seresta, Innovator en Hansa gesorteerd en vervolgens gewassen met een standaard wastechiek. In 2008 is Innovator gesorteerd en gewassen met standaard snelheid en met de halve snelheid en zijn Innovator en Milva knollen geborsteld en gesorteerd.

Bij het wasproces van “de Kubbe” te Biddinghuizen worden in de eerste fase de aardappels gereinigd van grond en andere vervuiling onder hoge druk met ozon behandeld water en vervolgens ontsmet met natriumhypochloriet (NaOCl).

Het bleek mogelijk om nagenoeg alle grond te verwijderen. Daarmee worden de cysten in die grond ook verwijderd. De effectiviteit van deze fase van reiniging hangt af van het type aardappel, de herkomst qua grondsoort en de kwaliteit van de aardappelschil.

Na het wassen is >90% van de cysten verwijderd ten opzichte van de besmetting op de gerooide aardappels. Het ontsmetten op halve snelheid heeft geen verbetering van het ontsmettingsresultaat opgeleverd ten opzichte van het standaard wasproces. Na het wasproces resteren in alle situaties slechts enkele cysten, die weer tot vermeerdering op aardappels in staat waren.

Ook na borstelen en sorteren van de Innovator is > 90% van de cysten verwijderd. Bij geborstelde gladschillige Milva's is het resultaat zelfs 99% maar intensief borstelen levert kwaliteitsschade op omdat de schil van de aardappels wordt beschadigd en is om die reden onacceptabel.

De conclusie is dat aardappels door wassen wel grondvrij kunnen worden gemaakt maar niet cystenvrij.

Een enkele vitale cyst blijft achter in ogen of achter andere oneffenheden op de knol. **De huidige nabehandeling met NaOCl bleek onvoldoende om de cystinhoud van de resterende cysten te doden.** Dit hangt mogelijk samen met de gerealiseerde concentratie(C) en behandelingstijd(T).

Mogelijke alternatieven voor NaOCl zijn chloordioxide en middelen op basis van waterstofperoxide. Een vergelijkend onderzoek naar de effectiviteit van deze middelen tegen ACA kan uitsluitsel geven over het meest effectieve middel tegen ACA. Dit onderzoek is inmiddels gestart (PPO-project 3250126809 “Sanitatie pootgoed”).

1 INLEIDING

Het aardappelcysteaaltje (ACA) is een quarantaineorganisme dat zich kan verspreiden via pootgoed. De in Nederland voorkomende soorten zijn *Globodera rostochiensis* en *Globodera pallida*. Het aaltje kan aanwezig zijn in aanhangende grond of zich bevinden in onregelmatigheden van de schil zoals diepe ogen of kraters van schurft. Het Nederlands Instituut Voor de Afzet van Pootaardappelen (NIVAP) geeft aan dat buitenlandse afnemers naast het vóórkomen van aardappelcysteaaltjes ook steeds meer melding maken van en bezwaar maken tegen bietencysteaaltjes in pootgoed. De aanwezigheid van aardappelcysteaaltjes in een partij pootgoed geeft problemen bij de afzet (afkeuringen). Door de toenemende *G. pallida* problematiek en de strenger wordende EU regelgeving ten aanzien van aardappelmoehed (AM), met grotere grondmonsters voor detectie bijvoorbeeld, wordt de sector hiermee direct geconfronteerd. Partijen pootgoed worden wereldwijd naar in totaal 80 landen afgezet en worden na controle op knolziekten voorzien van een NAK-certificaat, dat de kwaliteit garandeert. Daarmee is het belang van cystenvrij pootgoed duidelijk (www.potato.nl).

Het Productschap Akkerbouw heeft in het kader van het Actieplan Aaltjesbeheersing PPO-AGV opdracht gegeven enerzijds de bestaande schoningstechnieken (was- en ontsmettingsproces van “de Kubbe” te Biddinghuizen en borstelen) te testen op effectiviteit tegen aardappelcysteaaltjes en daar waar mogelijk te verbeteren. Daarnaast wordt literatuuronderzoek verricht naar bestaande ontsmettingsmogelijkheden in andere gewassen of sectoren die ook tegen ACA potentie hebben. Officiële maatregelen die voor de EU acceptabel zijn; bestrijding met geschikte methoden of verwijdering van praktisch alle grond door wassen of afborstelen zodat er geen aanwijsbaar risico van verspreiding van aardappelcysteaaltjes is. Dit is vastgelegd in Richtlijn 2007/33/EG van de Raad van de Europese Unie van 11 juni 2007 (www.Inv.nl).

Cysten van ACA bevinden zich uitsluitend **op** de knol en komen niet inwendig in de knol voor. Wanneer partijen gegarandeerd cystenvrij gemaakt zouden kunnen worden door een uitwendige ontsmetting dan zou de afzet als pootgoed misschien weer mogelijk worden. In de beoordeling van literatuur naar geschikte technieken zijn een aantal randvoorwaarden van belang.

Allereerst dient de pootgoedkwaliteit van de knollen intact te blijven. De schil mag niet worden beschadigd en de kiemkracht moet op peil blijven ondanks de schoning of ontsmetting. De methodiek dient bovendien uit het oogpunt van milieu verantwoord en maatschappelijk acceptabel te zijn.

Daarnaast is het gewenst dat de methodiek breedwerkend is, zodat naast volledige verwijdering van ACA ook eventueel aanwezige bacteriën en/of schimmels geheel of gedeeltelijk worden geëlimineerd. De methodiek mag onder geen beding andere ziektekiemen op of in de knol stimuleren.

De methodiek dient technisch uitvoerbaar en financieel haalbaar te zijn.

2 PROEFOPZET EN UITVOERING 2007

2.1 *Selectie bedrijven*

Er is gekozen voor het selecteren van bedrijven met consumptieaardappelen op AM-besmette percelen vanwege de mate van besmetting. Voor het testen van de effectiviteit van een techniek voor het cystenvrij maken van pootgoed is het noodzakelijk om vooraf voldoende cysten op de te onderzoeken aardappels te hebben. De kans op een dergelijke besmetting is op pootgoedbedrijven niet of nauwelijks aanwezig.

Voor het onderzoek wordt uitsluitend de pootgoedmaat uitgesorteerd en gebruikt zodat de pootgoedsituatie daarmee goed wordt nagebootst.

Daarnaast is er geselecteerd op grondsoort; op zware kleigrond blijft gemakkelijk grond aan de knol hangen na de oogst, vooral onder natte omstandigheden.

Bovendien zijn kenmerken als ruwschiligheid en diepogigheid meegenomen in de keuze.

Na meldingen uit de praktijk over percelen met valplekken zijn voorbemonsteringen uitgevoerd om de mate van besmetting in de grond vast te stellen. Op basis van de analyseresultaten van de grondmonsters uit de valplekken is een keuze bepaald voor de volgende drie bedrijven. De bedrijven worden onder nummer vermeld in dit rapport.

2.2 *Aardappeloogst en bemonsteringen*

Op de drie geselecteerde bedrijven is in en rond de valplek een oppervlakte van circa 1800 m² gerooid om minimaal een opbrengst van totaal 8000 kg te realiseren. De geschatte netto (pootgoedmaat) opbrengst zal dan naar verwachting ongeveer 4000 kg bedragen. De aardappels zijn gerooid in kisten van "De Kubbe" van elk 1300 kg inhoud. Dit is ook het gewicht van de aardappelen die standaard per batch het wasproces doorlopen. Voor de proef in drie herhalingen per ras is 3 x 1300 kg nodig per ras.

Tijdens het storten van de aardappels in de kisten zijn voor beoordeling op hoeveelheid grond en aantal cysten drie mengmonsters van elk ruim 200 aardappels genomen vanuit alle lagen van de kisten.

De gerooide aardappels zijn ter plaatse gedroogd en vervolgens getransporteerd naar PPO-AGV te Lelystad, waar ze zijn opgeslagen in een cel bij 5°C.

Op bedrijf 1 zijn de aardappels op 7 september 2007 gerooid met een éénrijige bunkerrooier. Op de rooier zijn de aardappels gelezen. Vanuit de bunker zijn de aardappels via de valbreker op de rooier in de kisten gestort waarbij per storting aardappels zijn opgevangen voor monsternamen.

Op bedrijf 2 zijn op 11 september aardappels gerooid met een 2-rijige wagenrooier. Vanaf de rooier zijn de aardappels in de kisten gestort. Tijdens het rooien zijn, gelijkmatig verdeeld over de hele partij, monsters genomen voor de beoordeling van de aardappels op grond en cysten.

De aardappels van bedrijf 3 zijn op 16 oktober gerooid met een tweerijige bunkerrooier. Bunker leeggestort in kieper. Aardappels hadden veel aanhangende grond. Vanuit de kieper gestort in kisten voor proef. Vanuit alle kisten aardappels verzameld voor beoordeling op grond en cysten.

2.3 *Sorteren en bemonsteringen*

De aardappels zijn gesorteerd op de maatsorteringen >0-35 mm, 35-55 mm en > 55 mm. Per ras is voor de proef de maatsortering 35-55 mm gebruikt. Van het ras Innovator is de maatsortering 35-65 mm aangehouden omdat er van dit ras voor de proef te weinig aardappels waren van de pootgoedmaat 35-55mm. De grovere sorteringen en < 35 mm zijn afgevoerd voor vernietiging. Tijdens het sorteerproces zijn per ras 3 x 200 aardappels verzameld voor beoordeling op grond en cysten.

2.4 Wassen pootgoed en bemonsteringen

2.4.1 Wasproces

De Kubbe gebruikt voor het wasproces voor de reiniging schoon en met ozon behandeld water en voor de ontsmetting Agriclean. Om de aardappel volledig schoon en ontsmet te krijgen zijn er verschillende fases in het wasproces; een voorwas, een hogedrukwas en een ontsmetting met Agriclean, een ontsmettingsmiddel op basis van natriumhypochloriet. Een schematische voorstelling van het wasproces is weergegeven in bijlage 1.

Van alle drie rassen Seresta, Innovator en Hansa zijn 4 kisten met elk 1300 kg aardappels gewassen (foto's 1-4).



Foto's 1 en 2 Aardappelen worden vanuit kuubskisten gestort in stortbak en getransporteerd naar spoelbak om grond te verwijderen.



Foto's 3 en 4 Op een schoepenrad worden aardappels gereinigd onder hoge druk met ozon behandeld water en verder getransporteerd naar de ontsmettingsunit en vervolgens via transportband naar schone opvangkisten.

2.4.2 Bemonsteringen na wassen

Uitgangspunt is om na het wassen minimaal 1000 aardappels per ras te beoordelen op de aanwezigheid van restgrond en cysten. Daartoe zijn voor de rassen Seresta en Hansa aan het einde van het wasproces, daar waar de gewassen aardappels weer in kuubskisten

worden gestort, per ras tien kisten aardappels opgevangen. Van het ras Innovator zijn 20 kisten opgevangen vanwege de grotere maatsortering (zie foto's 5-8).



Foto's 5 en 6 Bemonstering gewassen aardappels: Innovator



Foto's 7 en 8 Gewassen aardappels; Hansa (links) en Seresta (rechts)

2.5 Beoordelingen

Er zijn drie beoordelingen uitgevoerd. De eerste beoordeling op ongesorteerde aardappels vanuit het veld en de tweede beoordeling, na het sorteren, zijn uitgevoerd aan twee honderd aardappels per herhaling per ras (totaal zeshonderd per ras per beoordeling). De aardappels zijn met een nagelborstel vrij van grond geborsteld en vervolgens is met een pincet de restgrond uit de ogen gepeuterd. Dit is zowel vóór als na het sorteren gedaan. Na het wassen is een derde beoordeling uitgevoerd. Er was geen grond meer op het ras Seresta aanwezig. Van de rassen Innovator en Hansa zijn elk circa 350 knollen met grond vrijgemaakt van grond door borstelen. De grond van de beoordelingen is gewogen en vervolgens gespoeld op cysten. Na het wassen zijn bovendien van de rassen Innovator en Hansa meer dan 1000 aardappelknollen per ras zonder grond onder een binoculair onderzocht op cysten.

2.6 Vitaliteitsproef cysten na wassen 2007

Cysten die zijn aangetroffen op de aardappels na het wassen zijn beoordeeld op vitaliteit om vast te stellen of de cysteninhoud door het wasproces is gedood. Tevens is onderzocht of er

verschil is in vitaliteit tussen cysten die uit grondresten zijn geïsoleerd en cysten die rechtstreeks op de aardappels zijn aangetoond.

Daartoe is op 18 februari 2008 een potproef ingezet met kunstgrond waarin per pot 1 aardappel (Hansa) is geteeld. Aan deze aardappels zijn de levende larven uit de gecrushte cysten toegediend. Vanuit 50 cysten die uit grondresten op gewassen aardappels zijn geïsoleerd zijn 1525 levende larven toegediend aan 1 pot met een aardappel. De 72 cysten die direct op de gewassen aardappels zijn aangetoond leverden 3625 levende larven op die eveneens aan 1 pot met 1 aardappel zijn toegediend. Ter controle zijn cysten van ongewassen aardappels uit dezelfde proef geïnoculeerd op 3 aardappelplanten.

Per pot zijn gedurende 11 weken de aardappels geteeld bij een dagtemperatuur van 18-20°C en 's nachts 15°C bij een instelling van 16 uur daglengte. Daarna zijn de wortelstelsels gespoeld en beoordeeld op cysten en is de inhoud van de cysten vastgesteld.

3 RESULTATEN 2007

3.1 Grondkarakteristieken geselecteerde bedrijven

Bedrijf 1 teelt het belangrijke zetmeelras Seresta; een gladschillige maar diepogige aardappel op lichte zeeklei; lutum 3%, berekend slib < 7%, organische stof 1%.

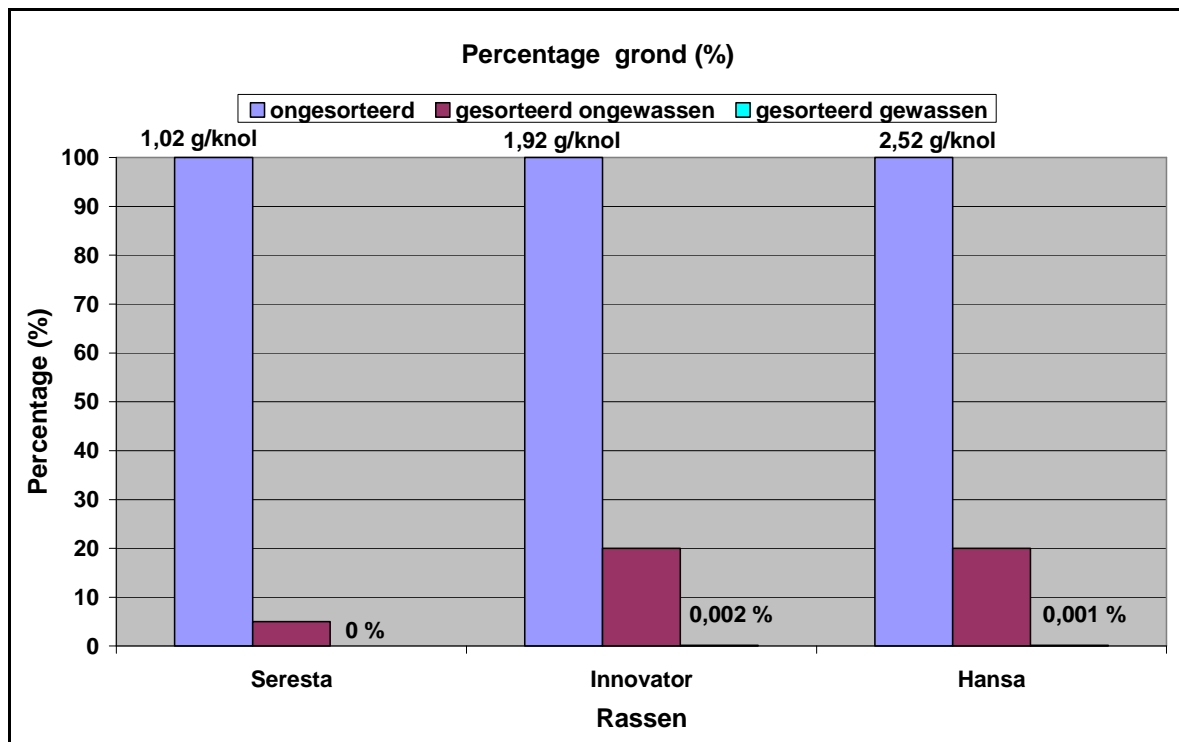
Bedrijf 2 teelt de ruwshillige consumptieaardappel Innovator op zeeklei; lutum 11%, berekend slib 14-20%, organische stof 6,8%.

Bedrijf 3 teelt het voor ACA zeer gevoelige ras Hansa op dekzandgrond met 6,8% organische stof.

3.2 Beoordelingen

3.2.1 Beoordelingen hoeveelheden grond

De gewichten van de grond die van de aardappels is afgeborsteld staat vermeld in bijlage 2. In grafiek 1 zijn de resultaten samengevat.



Grafiek 1 Percentage grond per aardappel

Uit grafiek 1 blijkt dat de meeste aanhangende grond bij het ras Hansa is geconstateerd. Iets minder grond was er aanwezig op de aardappels van het ras Innovator. Na het sorteren was circa 80% van de grond verwijderd van beide rassen. De grond van het ras Innovator was moeilijk van de aardappels af te borstelen wat te maken heeft met zowel de ruwshilligheid van de aardappel als met de grondsoort (veel sloef) waarin de aardappels zijn geteeld. Het sorteren heeft bij het gladschillige ras Seresta al 95% van de hoeveelheid grond verwijderd.

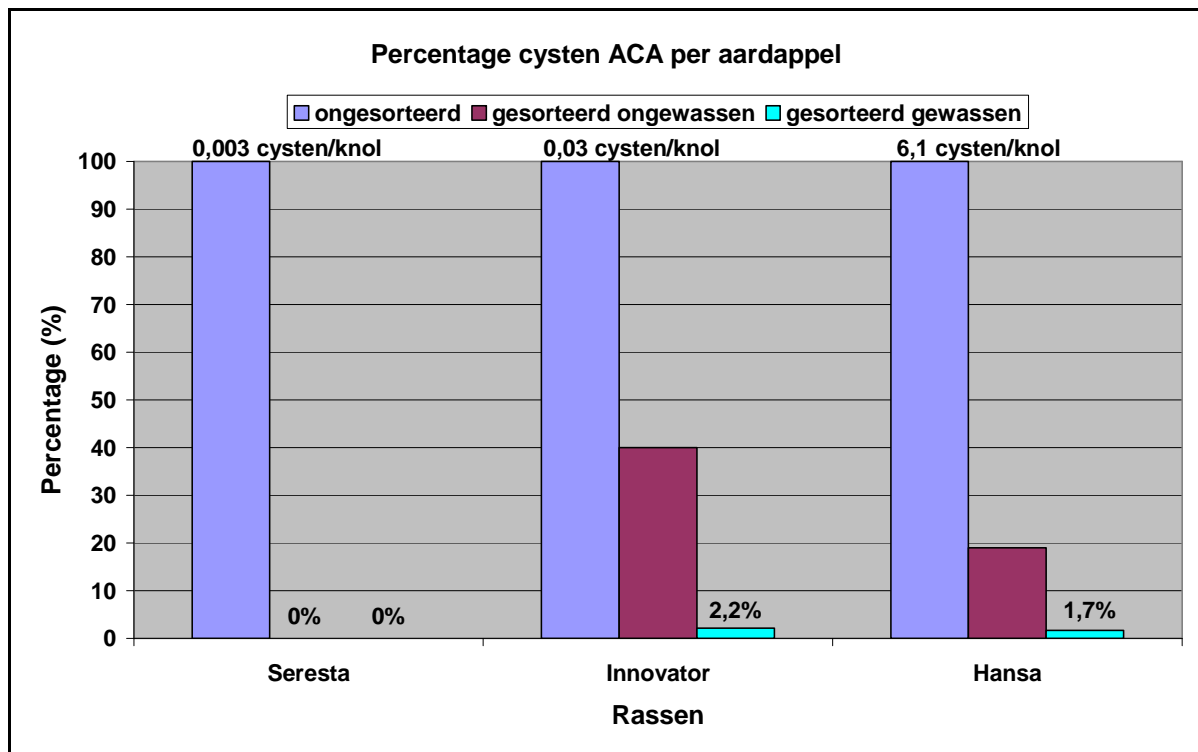
Na het wasproces bleek op het ras Seresta nagenoeg geen grond meer aanwezig te zijn. Bij de rassen Innovator en Hansa was op circa 30% van de aardappels nog een restant grond aanwezig. Per aardappel met grond was de hoeveelheid grond minimaal: 0,005 gram op Innovator en 0,003 gram op Hansa.

Na sorteren en wassen waren de aardappels van de rassen Innovator en Hansa voor $\geq 99,9\%$ geschoond van grond.

3.2.2 Beoordelingen grond en aardappels op ACA-cysten

De aantallen cysten in de perceelsgrond waar de aardappels zijn geteeld en in de grond op de aardappels en op de aardappels zelf staan weergegeven in bijlage 3.

Grafiek 2 toont de samenvatting van deze resultaten.



Grafiek 2 Percentage ACA-cysten per aardappel

Uit grafiek 2 blijkt dat bij het ras Seresta na het sorteren geen cysten meer zijn aangetoond op de aardappels. Daardoor kon bij dit ras het wasproces niet op effectiviteit worden beoordeeld. Bij Innovator is tweederde van de beoordeelde aardappels vrij van grond na het wassen en ontsmetten. Er is nog 1 cyste op 1 van de 1023 aardappels zonder grond aangetoond. Op de aardappels met grondresten zijn geen cysten meer gedetecteerd. De effectiviteit van het hele proces van sorteren en wassen was bij **Innovator 97,8%**.

De perceelsbesmetting was het zwaarste op het perceel met het ras Hansa. Deze partij aardappels bevatte gemiddeld ongesorteerd ruim 6 cysten per aardappel. Door het sorteren is 80% van de grond verwijderd, zoals bleek uit grafiek 1, waardoor de besmetting teruggebracht is tot gemiddeld ruim 1 cyste per aardappel. Na het wasproces is op ongeveer tweederde van de aardappels geen grond meer aanwezig. Na beoordeling van 1126 aardappels zonder grondresten zijn 66 aardappels (6%) met daarop in totaal 90 cysten

aangetoond. Er zijn 361 aardappels met grondresten schoon geborsteld waarna uit de totale hoeveelheid grond grond 64 cysten zijn geïsoleerd. Totaal zijn op 1487 aardappels na het sorteren en wassen nog 154 cysten aangetoond. Dit is 1,69% van de uitgangsbesmetting op de aardappels die uit het veld zijn gerooid. De effectiviteit van het wasproces, inclusief het sorteren, was in deze proef bij **Hansa** dus **98,3%**.

3.3 Vitaliteitsproef cysten na wassen 2007

Zowel de 72 cysten die direct op de gewassen aardappels waren aangetroffen als de 50 cysten in de restgrond op de gewassen aardappel bevatten een levende inhoud. In beide situaties zijn op de aardappelplanten volop nieuwe cysten gevormd.

4 PROEFOPZET EN UITVOERING 2008

4.1 *Selectie bedrijven*

Omdat gebleken is dat de aanpak in 2007 met consumptieteelten op zwaar besmette percelen zeer geschikt is voor het vaststellen van de effectiviteit van de wastechniek is deze in 2008 herhaald. De standaard wastechniek is in 2008 als referent gebruikt om de resultaten van 2008 te kunnen vergelijken met 2007. De standaard wastechniek is vergeleken met hetzelfde proces op halve snelheid uitgevoerd. Doel daarvan was om zowel een betere verwijdering van grond als een betere reiniging en ontsmetting van de aardappels te realiseren. Na overleg met de Plantenziektenkundige Dienst en het Productschap Akkerbouw is eveneens besloten om eenzelfde partij aardappels te borstelen/poetsen. Insteek is het ontwikkelen van een techniek die pootgoed cystenvrij kan maken met behoud van kwaliteit. Beide technieken worden in de praktijk al toegepast en door onderzoek kan nu de effectiviteit worden vastgesteld. Daaruit zal blijken welke techniek perspectief biedt voor het cystenvrij maken van pootgoed. Voor deze drie behandelingen is een bedrijf geselecteerd met een consumptieteelt met het ras Innovator vanwege de ruwschilligheid (worst case scenario) en met een besmetting van minimaal 100 cysten per 200 gram grond. Omdat borstelen meestal wordt toegepast bij gladschillige aardappelen om kwaliteitsschade te voorkomen is eveneens een AM-besmet perceel geselecteerd met consumptieaardappelen van het ras Milva.

Beide bedrijven teelden op zeelei.

De overige uitgangspunten waren gelijk aan de uitvoering in 2007.

4.2 *Aardappeloogst en bemonsteringen*

Op het geselecteerde bedrijf met Innovator is in en rond twee valplekken een oppervlakte van circa 4400 m² geroid om minimaal een opbrengst van totaal 24 ton te realiseren. De geschatte netto (pootgoedmaat) opbrengst zal dan naar verwachting ongeveer 12 ton bedragen.

Op het bedrijf met Milva is vanuit een valplek 1500 m² geroid met een geschatte opbrengst van 8 ton aardappels.

Alle aardappels zijn geroid in kisten van "De Kubbe" van elk 1300 kg inhoud. Dit is ook het gewicht van de aardappelen die standaard per batch het wasproces doorlopen. Voor de proef in drie herhalingen per ras is 3 x 1300 kg nodig per ras.

Tijdens het storten van de aardappels in de kisten op een wortelwagen zijn voor beoordeling op hoeveelheid grond en aantal cysten drie mengmonsters van elk ruim 200 aardappels genomen vanuit alle lagen van de kisten.

De gerooidde aardappels zijn ter plaatse gedroogd en vervolgens getransporteerd naar PPO-AGV te Lelystad, waar ze zijn opgeslagen in een cel bij 6°C.

4.3 *Sorteren en bemonsteringen*

Uitvoering als in 2007

4.4 *Wassen pootgoed en bemonsteringen*

Het standaard wasproces is uitgevoerd met Innovator zoals in 2007. Daarnaast is een behandeling uitgevoerd op halve snelheid met Innovator aardappelen.

4.4.1 *Bemonsteringen*

De bemonsteringen zijn uitgevoerd zoals in 2007.

4.5 Borstelen en sorteren

Het borstelen is uitgevoerd in één werkgang als eerste onderdeel van de sorteerlijn met borstels aan de onderkant. Over de opvoerlijn zijn zakken geplaatst met daarover heen een gewicht om een maximaal borsteleffect te verkrijgen. Ten behoeve van de foto is deze verzwaring verwijderd. Het sorteereffect is dus in deze behandeling gekoppeld aan het borsteleffect.



Foto 9 Borstelbehandeling aardappels als onderdeel van sorteerlijn

4.6 Vitaliteitsproef 2008 cysten na wassen

Cysten die zijn aangetroffen op de aardappels na het wassen zijn beoordeeld op vitaliteit om vast te stellen of de cysteninhoud door de ontsmettingsmiddelen in het wasproces zijn gedood.

Daartoe is op 23 februari 2009 een potproef ingezet met kunstgrond waarin per pot 1 aardappel (Desiree) is geteeld. Aan deze aardappels zijn de levende larven uit de gecruste cysten toegediend. Vanuit 21 cysten die op de standaard gewassen aardappels zijn geïsoleerd zijn 1139 levende larven toegediend aan 1 pot met een aardappel. Van de op halve snelheid gewassen aardappels zijn 14 cysten geïsoleerd voor deze biotoets die gezamenlijk na crushen 1194 larven opleverden die eveneens aan 1 pot met 1 aardappel zijn toegediend. Ter controle zijn cysten van zowel ongewassen aardappels uit dezelfde proef als ook van een gekweekte virulente populatie (Rookmaker) geïnoculeerd op één aardappelplant elk.

Per pot zijn gedurende 16 weken de aardappels geteeld bij een dagtemperatuur van 18-20°C en 's nachts 15°C bij een instelling van 16 uur daglengte. Daarna zijn de wortelstelsels gespoeld en beoordeeld op cysten en is de inhoud van de cysten vastgesteld.

5 RESULTATEN 2008

5.1 Grondkarakteristieken geselecteerde bedrijven

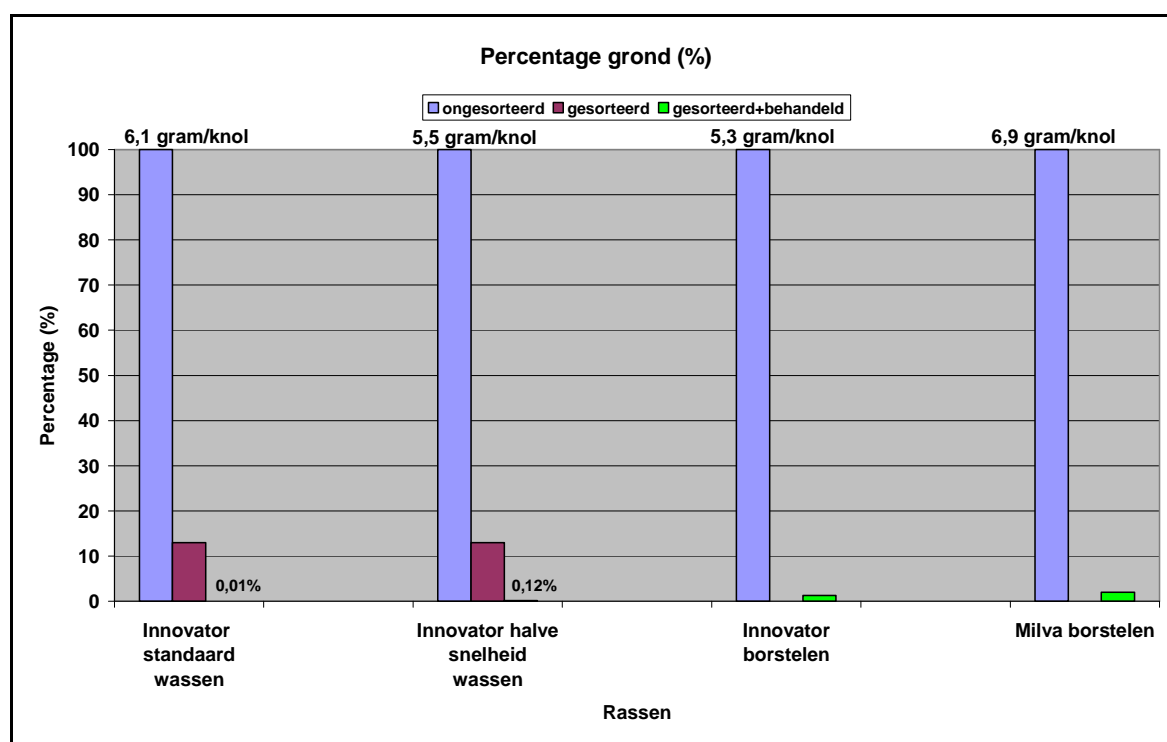
Bedrijf 4 teelt de ruwschillige consumptieaardappel Innovator op zeelei; lutum 11%, berekend slib 14-20%, organische stof 3,4%.

Bedrijf 5 teelt de meer gladschillige Milva op zeelei; lutum 8%, berekend slib 9-15%, organische stof 2,4%.

5.2 Beoordelingen

5.2.1 Beoordelingen hoeveelheden grond

De gewichten van de grond die van de aardappels is afgeborsteld staat vermeld in bijlage 4. In grafiek 3 zijn de resultaten samengevat.



Grafiek 3 Percentage grond per aardappel

Uit grafiek 3 blijkt dat er veel grond met de aardappels meekwam bij rooien; de meeste aanhangende grond is bij het ras Milva geconstateerd.

Iets minder grond was er aanwezig op de aardappels van het ras Innovator.

Na het sorteren was circa 87% van de grond verwijderd van de Innovators die gewassen moesten worden. Na het wassen op hele of halve snelheid is 99,9% van de grond verwijderd.

Bij de behandelingen met borstelen is in één werkgang zowel het borstelen als sorteren uitgevoerd en is er dus geen sorteereffect afzonderlijk. Na de gecombineerde behandeling van sorteren en borstelen is minimaal 98% van de grond verwijderd.

Door de borstelbehandeling is echter de kwaliteit van de aardappels aangetast omdat de schil plaatselijk wordt beschadigd (zie foto 10).

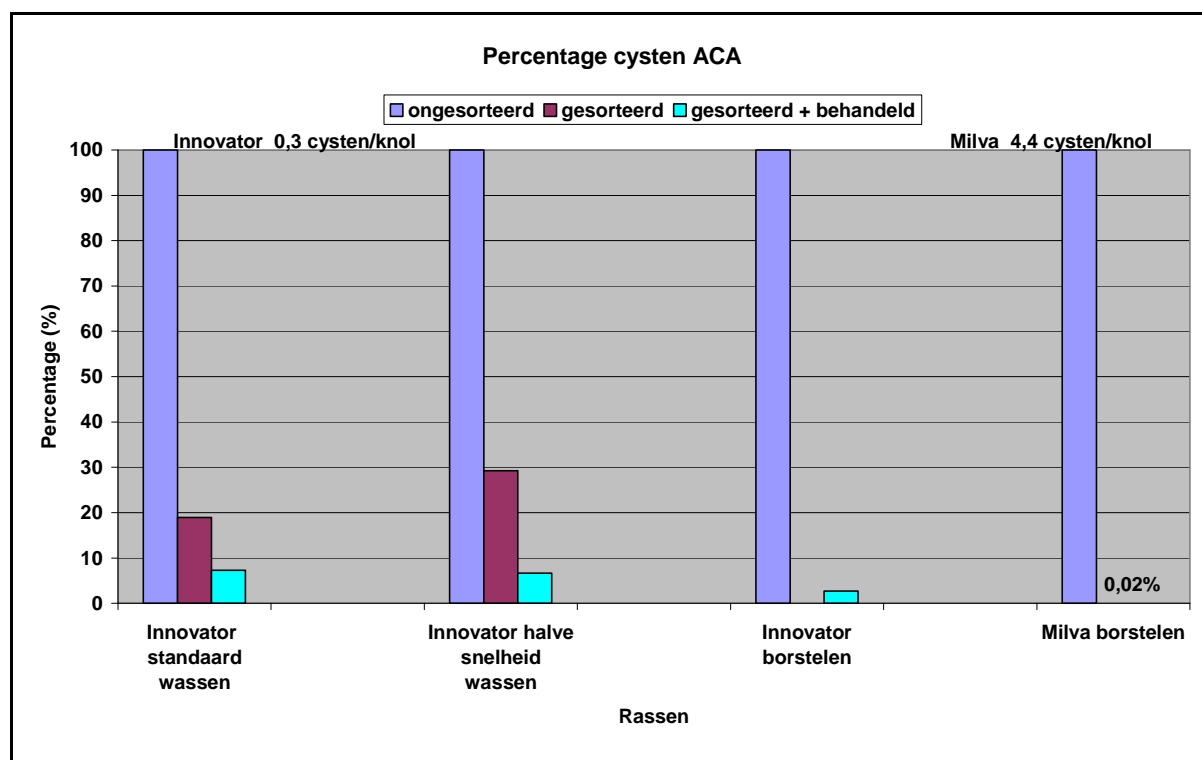


Foto 10 Borstelschade Milva

5.2.2 Beoordelingen grond en aardappels op ACA-cysten

De aantallen cysten in de perceelsgrond waar de aardappels zijn geteeld en in de grond op de aardappels en op de aardappels zelf staan weergegeven in bijlage 5.

Grafiek 4 toont de samenvatting van deze resultaten.



Grafiek 4 Percentage ACA-cysten per aardappel

Uit grafiek 4 blijkt dat bij het ras Innovator na het sorteren minstens 70% van de cysten is verwijderd op de aardappels. Na het wassen van de aardappels is de effectiviteit meer dan 90%, zowel na standaard wassen als na wassen op halve snelheid.

Ook na borstelen is meer dan 90% van de cysten verwijderd. Na het borstelen en sorteren van de Milva's is 99% van de cysten verwijderd. De goede resultaten van het borstelen gaan echter gepaard met borstelschade op de aardappels.

5.3 Vitaliteitsproef cysten na wassen 2008

De cysteninhoud van de cysten afkomstig van gewassen aardappels bleek ook dit jaar vitaal te zijn. Er trad voor alle behandelingen op aardappel een vermeerdering op.

6 LITERATUURONDERZOEK ONTSMETTINGSMIDDELEN EN METHODIEKEN

6.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de diverse opties voor ontsmetting en/of schoning tegen plantenpathogenen en parasitaire nematoden vermeld. Naar aanleiding van de inhoud van dit rapport kunnen nieuwe ideeën ontstaan voor het doorontwikkelen van het schoningsproces met als einddoel een cystenvrij product.

Geraadpleegde (internet)bronnen zijn:

- www.library.wur.nl/desktop (Agralin Desktop Library)
Vakbladartikelen zijn uit het bestand Artik geselecteerd, waarin 120 vaktijdschriften zijn vertegenwoordigd.
Wetenschappelijke artikelen zijn via Webspirs geselecteerd uit Agris, Agricola, Cab abstracts, Medline, Current Contents en Biological Abstracts.
- Artikelen over waterontsmetting zijn geselecteerd uit diverse proceedings van de internationale symposia over chemische en niet-chemische grond- en substraatontsmetting.
- Intern PPO-AG archief
- Diverse internetbronnen

6.2 Algemeen

Voor de effectiviteit van de middelen of technieken is het van belang dat allereerst zoveel mogelijk grond wordt verwijderd van de aardappels en rotte of beschadigde knollen eruit zijn gelezen en gesorteerd.

Dat betekent in de praktijk dat de reiniging en ontsmetting van pootgoed tegen cysteaaltjes moet worden uitgevoerd na het sorteren. Voorkómen moet worden dat enkele pootaardappelen, die inwendig zijn besmet met bacterie- of schimmelziekten, na het ontsmettingsproces alsnog hele partijen tijdens de bewaring verder kunnen besmetten. Het ontsmettingsproces is een uitwendige schoning van de knollen waarbij de schil en kiemkracht intact dienen te blijven.

In dit hoofdstuk wordt de effectiviteit van diverse middelen en methodieken besproken. Eerst wordt de reiniging besproken. Deze heeft betrekking op het grondvrij maken van de aardappels. Vervolgens passeren diverse mogelijkheden voor ontsmetting de revue.

6.3 Reinigen

Dit is een eerste stap die nodig is om uiteindelijk te komen tot een volledig ontsmet product dat als pootgoed kan worden verhandeld. De meest gangbare manieren om grond te verwijderen zijn wassen, borstelen of polijsten. De keuze hangt af van de vervuilingsgraad van de partij aardappels, de gladschiligheid van de aardappel en de vastheid van de schil.

6.3.1 Wassen

Wassen van aardappels dient vóór het kiemen en met ziektevrij water te gebeuren omdat anders het middel erger kan zijn dan de kwaal. In diverse situaties kan het lastig zijn om alle grond te verwijderen. Al in 1955 bleek dat aardappelen afkomstig van zand en zavelgrond geheel vrij van cysten konden worden gewassen maar dat lukte niet met aardappels die van zware kleigrond kwamen (Bijloo, 1955).

Ridder beschrijft eveneens dat zware grond moeilijker te verwijderen is dan lichte grond (1996). De fijne slibdeeltjes lutum (0-2 mm) en sloef (2-16 mm) kunnen hardnekkig vastgeplakt zitten aan aardappels. Ook diepliggende ogen kunnen het lastig maken om met wassen alle grond te verwijderen. Uit eigen ervaring is gebleken dat onregelmatigheden

zoals symptomen (schurft) of overlevingsstructuren van schimmels (*Rhizoctonia sclerotiën*) de complete reiniging van aardappels kunnen bemoeilijken.

Al in 1996 (Ridder) kwam een verbeterde versie van het wassysteem beschikbaar waarbij aardappelen op een rollenband onder hoge druk werden gereinigd. Op deze manier konden ook aardappels van zwaardere grond goed worden gereinigd. Het bedrijf “de Kubbe” gebruikte voor dit doel bronwater, dat ziektevrij is. Na invoering van het lozingenbesluit eind jaren '80 was het niet meer mogelijk om het bronwater na de wasbehandeling te lozen op het oppervlaktewater. Dit leidde tot hergebruik van dit spoelwater na ontsmetting (Knuivers, 2008).

Na het wassen dienen de aardappels snel en goed gedroogd te worden.

In Australië is de effectiviteit van het wasproces onderzocht om cysten van *G. rostochiensis* van aardappelen te verwijderen. De aardappelen zijn geteeld in veenachtige klei en zijn drie maanden na de oogst gewassen. De grond was hard en droog en moeilijk nat te maken en te wassen. De aardappelmaat cv. Trent was 45-90 mm en aardappels met wonden dieper dan 2 mm of > 25% van de schiloppervlakte bedekt met gewone schurft waren uitgesorteerd. Het aantal cysten vóór het wassen was 7.8 ± 1.8 per 100 aardappelen. Het aantal eieren per cyste was 240, waarvan 78% vitaal was. Na één wasbeurt was het aantal cysten gereduceerd tot 4/500 knollen. Na twee wasbeurten is nog 1 cyste teruggevonden en na drie wasbeurten kon geen cyste meer worden aangetoond. De effectiviteit was globaal 90% na één wasbeurt, 97,5% na twee wasbeurten en 100% na drie wasbeurten. Voor validatie is nog vier maal een partij, met in totaal 2500 aardappelknollen, driemaal gewassen met steeds hetzelfde resultaat; geen cysten meer op de aardappels. Op <5 % van deze aardappels waren nog kleine plekje met grond aanwezig (Gardner e.a., 2006).

6.3.2 Borstelen

Het borstelen van aardappelen wordt ook wel poetsen genoemd. Deze methodiek wordt voornamelijk toegepast bij gladschillige aardappels omdat dit type aardappels zich het beste hiervoor leent. De grond kan van gladschillige aardappels worden verwijderd zonder beschadiging van de schil mits deze voldoende huidvast is. De aardappels worden tijdens of na het sorteren over een borstelband (aardappelpoetsmachine) getransporteerd, die daarmee extra grond verwijdert. Een borstelmaschine kan bestaan uit alleen onderborstels of een combinatie van onder- en bovenborstels. De keuze van de borstelintensiteit hangt af van de schilvastheid van de aardappels.

6.3.3 Polijsten

Een polijstmachine voor aardappelen combineert zowel het wassen als borstelen en wordt ook wel borstelwasser genoemd (www.marcelissen.nl). Het principe is een roterende trommel met daarin roterende borstels. In de trommel wordt water gepompt om grond van de aardappels te spoelen. Dit water wordt opgevangen en na uitfiltering van het grofste vuil weer teruggevoerd. Op de uitvoerzijde wordt het product met vers water nagespoeld (www.marcelissen.nl).

In Tsjechië is een dergelijke polijstmachine getest. De gepolijste aardappels waren lichter en gelijkmatiger van kleur. Door het polijsten verdwijnt een deel van uitwendige ziektesymptomen (zoals van *Rhizoctonia*) waardoor de partij schoner oogt (Maly, 2008).

6.4 Ontsmetten

Na de reiniging van aardappels volgt de tweede stap; ontsmetting. Dit moet leiden tot een gegarandeerd cystenvrije partij aardappels, die als pootgoed kan worden verhandeld (Richtlijn 2007/33/EG).

Zowel formaline als methylbromide bleken in de jaren 1940-1950 volgens Bijloo (1955) de knolkwaliteit aan te tasten en worden verder niet in dit rapport behandeld. Naast het “oude” middel kwik worden de huidige biociden besproken, die we kunnen onderverdelen in oxiderende en niet-oxiderende middelen.

6.4.1 Kwik

Organische kwikverbindingen (merknaam AArdisan) zijn aanvankelijk gebruikt voor het ontsmetten van pootgoed. De aardappels zijn in een dompelbad behandeld met dit product. De behandelingstijd werd verlengd door de aardappels gedurende enkele uren vochtig te houden. Cysten van *G. rostochiensis* (destijds *Heterodera rostochiensis*) waren na behandeling met 0,5% AArdisan gedurende 1 minuut in een dompelbad en vervolgens 7 uur vochtig gehouden gedood. Bij verschillende rassen liep de kiemkracht terug door de behandeling.

In 1988 is de pootgoedontsmetting door kwik verboden en werd er naar alternatieven voor dit breedwerkend middel gezocht (Knuivers, 2008).

6.4.2 Oxiderende middelen

Er zijn diverse oxiderende middelen met verschillende oxidatiecapaciteit; de sterkte waarmee ze reageren met een oxideerbare stof. De oxidatiecapaciteit wordt per middel aangeduid in elektronen volts (EV). In water oplosbare oxidatiemiddelen hebben als voordeel dat ze een depotwerking hebben; er blijft middel in het water achter zodat er een na-effect mogelijk is.

6.4.2.1 Natriumhypochloriet (NaOCl)

Natriumhypochloriet (NaOCl), ook wel chloorbleekloog genoemd, is een oxiderend middel met een oxidatiecapaciteit van 1,36 EV en is effectief voor ontsmetting van water. De stof wordt gevormd door de samenvoeging van chloorgas en caustische soda volgens de formule: $\text{Cl}_2 + 2 \text{NaOH} \rightarrow \text{NaOCl} + \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$. Wanneer natriumhypochloriet aan water wordt toegevoegd ontstaat onderchlorigzuur (hypochloorzuur) volgens de formule: $\text{NaOCl} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HOCl} + \text{NaOH}$. Het zuurstofatoom in het onderchlorigzuur is een krachtig oxidatiemiddel (www.lennotech.com).

Door onderdompeling van cysten van *Heterodera* (nu *Globodera*) *rostochiensis* of *H. pallida* in oplossingen van calciumhypochloriet en natriumhypochloriet werd de huid van de cysten afgebroken waardoor de eieren niet langer beschermd werden. Na 30 minuten onderdompeling van cysten in een oplossing van natriumhypochloriet met 1% vrij chloor was 75% van de eieren en larven dood en na één uur was de doding volledig. Aardappels met AM-besmette grond erop zijn gedurende twee uren ondergedompeld in dezelfde oplossing met 1% vrij chloor, met daaraan toegevoegd een spoor van een oppervlakte verlagend middel (geen zeep). Na de behandelingstijd van twee uren zijn er geen cysten meer aangetoond in de NaOCl oplossing of in de tank met het slib, noch in het waswater na de behandeling. Wanneer aardappelknollen alleen met water waren behandeld dan was het aantal cysten respectievelijk 144, 15 en 12 (Wood & Foot, 1975).

Hypochloriet oplossingen vernietigden de cystenhuid van *G. rostochiensis* en ook de cysteninhoud. Natriumhypochloriet (met 1% vrij chloor) was de meest effectieve stof; cysten werden in 30 tot 45 minuten vernietigd. De behandelingsduur was afhankelijk van de temperatuur maar onafhankelijk van de pH boven de 7. Onderdompeling van aardappelknollen vernietigde de cysten op de aardappels. Wanneer de aardappels na de behandeling grondig werden schoongespoeld dan was er geen negatief effect op de kwaliteit van de schil (Wood & Foot, 1977).

Pootgoed cv. "Ilam Hardy" in kiemrust werd ondergedompeld in NaOCl (1% vrij chloor) gedurende twee uren, nagespoeld met water, gedroogd en geplant. Behandelde knollen kiemden sneller, produceerden meer stengels en knollen en de oogst was zwaarder ten opzichte van onbehandelde knollen.

De toename in opbrengst was over verschillende plantingen gemiddeld ongeveer 20%. Wanneer kiemende aardappelknollen werden ontsmet dan liep vervolgens het aantal kiemende planten terug. Dit kon voorkómen worden door de knollen gedurende 3-4 weken na behandeling te bewaren. Een hogere dosering of een langere behandelingstijd hadden een negatief effect op de plantontwikkeling. Het kiemingspercentage en de opbrengst van planten van kiemende knollen van de cultivars Ilam Hardy, Arran Banner en Red King Edward werd niet beïnvloed wanneer de knollen twee weken na de behandeling werden geplant maar bij de cultivar Rua was de kieming vertraagd en bij de cultivar Sebago werd de opbrengst gereduceerd (Wood e.a., 1977).

Voor de reiniging van pootgoed gebruikt De Kubbe B.V. in de laatste fase van het wasproces voor de ontsmetting van de aardappelen natriumhypochloriet (Agriclean). In combinatie met een hoofdwas met ozon behandeld water en vervolgens een ontsmetting met Agriclean bleken *Erwinia* bacteriën op het pootgoed grotendeels uitgeschakeld te zijn (www.dekubbe.nl). Natriumhypochloriet heeft een zeer brede toelating in Nederland (www.ctb-wageningen.nl).

6.4.2.2 Chloordioxide (ClO₂)

Chloordioxide (ClO₂) heeft een grotere oxidatiecapaciteit (1,57) dan natriumhypochloriet en wordt tegenwoordig steeds meer toegepast omdat het minder schadelijke effecten heeft op mens en milieu. Het vormt geen hydrochloorzuren in het water maar bestaat als in water opgelost chloordioxide. Het is een sterke bestrijder van bacteriën en schimmels en blijft in water tenminste 48 uur lang actief als bactericide. Chloordioxide is selectiever dan chloor en in vergelijking met chloor of ozon is er minder chloordioxide nodig om een actief desinfectiemiddel te verkrijgen. Daarnaast kan het worden toegepast in situaties met een hoog gehalte aan organisch materiaal (www.lenntech.com).

De effectiviteit van ClO₂ is vergeleken met Cl₂ tegen sporen van *Bacillus subtilis* in oppervlaktewater van drie herkomsten en in gezuiverd, gebufferd water met diverse hoeveelheden organische stof (natural organic matter; NOM). In beide types water versterkte de aanwezigheid van organische stof de effectiviteit tegen de bacteriesporen; de vereiste Ct waarden voor inactivering van *B. subtilis* werden verlaagd door de aanwezigheid van organische stof in het water. Dit was niet het geval bij de toepassing van vrij chloor. Als verklaring wordt verondersteld dat vrije radicalen worden gevormd door de reactie van ClO₂ met NOM en dat deze vrije radicalen de effectiviteit verbeteren (Barbeau e.a., 2006). De toepassing van ClO₂ in de naoogst fase van aardappels tijdens de bewaring is onderzocht. In labproeven bleek dat ClO₂ effectief was tegen *Erwinia carotovora* (natrot), *Fusarium* spp. (droogrot) en *Helminthosporium solani* (zilverschurft) bij lage doseringen van ED₅₀ = 2 tot 122 dpm. Wanneer aardappelknollen besmet werden met de aardappelziekte *Phytophthora infestans* en *Fusarium* of besmet met zilverschurft en vervolgens werden behandeld met ClO₂ in de bewaring of door een bevochtigingssysteem dan werkte het middel bij de toegepaste doseringen niet ziekteonderdrukkend. In de praktijkproeven konden diverse factoren worden aangewezen voor dit inconsistente resultaat in de bewaring. De concentratie varieerde erg; als gas is ClO₂ oplosbaar in water maar ontwijkt gemakkelijk daaruit (25-75% verlies) naar de lucht wanneer het gas als in water opgeloste spray wordt toegediend. ClO₂ reageert snel met de knollen en de daarop aanwezige organische massa waardoor de effectiviteit terugloopt. Hogere dan de toegelaten doseringen kunnen noodzakelijk zijn om een meetbare ziekteonderdrukking te realiseren (Olsen e.a., 2003). Er is geen literatuur gevonden over de effectiviteit van ClO₂ tegen plantenparasitaire cysten maar wel is het effect tegen cysten van *Giardia intestinalis*, een humaan pathogeen,

onderzocht. Monsters van 10^3 cysten per ml werden ondergedompeld in een waterige oplossing met 1 mg ClO_2 /liter en geïncubeerd bij kamertemperatuur gedurende verschillende behandelingstijden. Na 1 minuut behandelingstijd was ca 60% van de cysten geïnactiverd, na 30 minuten 95% en na ca 8 uren 97% (Winiecka-Krusnell & Linder, 1998).

Chloordioxide is niet toegelaten in Nederland (www.ctb-wageningen.nl, dd. 23-12-2008).

6.4.2.3 Middelen op basis van waterstofperoxide (H_2O_2)

Waterstofperoxide (H_2O_2) is een oxidatiemiddel met een groter oxidatiepotentieel dan natriumhypochloriet en chloordioxide. Het middel wordt in het oxidatieproces zelf gereduceerd tot water (H_2O) en zuurstof (O_2). Door toevoeging van zwakke organische zuren ontstaan nog effectievere producten. In combinatie met azijnzuur ontstaat perazijnzuur ($\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_3$) dat een oxidatiecapaciteit heeft van 1,81 EV. Het product heeft een brede biocide werking en is ook effectief tegen virussen en sporen. De werking wordt nauwelijks beïnvloed door de aanwezigheid van organisch materiaal. De pH en temperatuur zijn wel van invloed op de effectiviteit; hoe hoger de temperatuur en pH des te effectiever perazijnzuur (www.lennotech.com).

Het biocide Jet 5 is een middel dat bestaat uit een combinatie van waterstofperoxide en perazijnzuur. Het middel is in Nederland onder anderen toegelaten als schimmelbestrijdingsmiddel voor dompeling van plantgoed van bloembol- en knolgewassen (www.ctb-wageningen.nl).

Reciclean is een product op basis van waterstofperoxide (Reciclean A) in combinatie met mierenzuur (Reciclean B). De afbraakproducten zijn water, zuurstof en koolzuur (CO_2). In Nederland is dit product onder anderen onderzocht tegen wortelnecroseaaltjes (*Radopholus similis*) die in Anthurium vóórkomen. Een dosis van 400 dpm voorkwam een aantasting van deze aaltjes in Anthurium maar deze concentratie was schadelijk voor de planten en dus praktisch niet toepasbaar (Amsing & Runia, 1996). Een nieuwere formulering van dit product was effectiever; 200 dpm had na 24 uur behandelingstijd alle aaltjes gedood. Deze concentratie Reciclean zou moeten worden geneutraliseerd voordat het met planten in aanraking komt wat de kostprijs opdrijft en daardoor economisch niet haalbaar is (Runia & Amsing, 1996).

Goede ervaringen zijn opgedaan met Reciclean als bestrijder van *Phytophthora* bij de trek van witlof. Doordat het middel in het hele watercircuit aanwezig is en blijft (depotwerking) is dit middel voor een witloftrek effectiever dan ozon of UV omdat deze alleen bij de inlaat het water hebben ontsmet maar niet in het systeem bij de wortels werkzaam blijven (Brakeboer, 1994). Reciclean is toegelaten voor de trekteelt van witlof (www.ctb-wageningen.nl). Deze toelating vervalt echter per 30-06-2010.

Het effect van calciumperoxide is onderzocht op pootgoed dat was besmet met de bacterie *Erwinia carotovora* var. *atroseptica*. Gedurende drie jaren (teelten) heeft het gebruik van calciumperoxide niet geleid tot een aantoonbare verlaging van de bacteriebesmetting bij de dochterknollen (Ridder & van Loon, 1992).

Degaclean en Clarmarin zijn beide producten op basis van waterstofperoxide en perazijnzuur. Het middel Clarmarin is onderzocht op effectiviteit tegen de bacterie *Ralstonia solanacearum*, de veroorzaker van bruinrot. In afvalwater van een bedrijf voor de verwerking van zetmeelaardappelen was een concentratie van 1000 dpm van een mengsel van Clarmarin met de katalaseremmer KH10 (1:1) 100% effectief tegen de bacterie na een behandelingstijd van 20 minuten. Een concentratie van 2000 dpm van dit mengsel had na 20 minuten behandelingstijd alle micro-organismen in het afvalwater gedood terwijl zonder de katalaseremmer 20000 dpm nodig was voor hetzelfde effect (Niepold, 1999).

Het middel Clarmarin is in Nederland onderzocht als ontsmettingsmiddel tegen de bruinrotbacterie in oppervlaktewater. Doel was om beregening van pootgoedaardappels met ontsmet oppervlaktewater mogelijk te maken. (Hamink, 2007). Sinds maart 2009 heeft Clarmarin een toelating voor gebruik tegen niet-sporenvormende bacteriën in water. Degaclean is niet toegelaten in Nederland (www.ctb-wageningen.nl, 09-12-2009).

6.4.2.4 Ozon (O₃) al dan niet in combinatie met waterstofperoxide

De oxidatiecapaciteit van ozon is groter dan alle hiervoor genoemde middelen; 2,07EV. De effectiviteit van ozon is onder anderen onderzocht tegen het wortelnecroseaaltje *Radopholus similis*. De toepassing gebeurde in een gesloten systeem waarbij het ozongas in het recirculatiewater van Anthurium werd geïnjecteerd. Er was een behandelingstijd van een uur nodig voor de ontsmetting van 1 m³ licht vervuild recirculatiewater met een concentratie van 20 gram ozon/uur. Wanneer het chemisch zuurstofverbruik (COD) steeg dan liep de vereiste behandelingstijd op tot meer dan twee uur. Er bleken andere organische stoffen eerder door de ozon te worden geoxideerd dan de nematoden. Omdat tegen deze aaltjes tenminste een dubbele behandelingstijd of dubbele concentratie ozon vereist was ten opzichte van pathogene schimmels en virussen is ozon geen economisch haalbare optie gebleken voor de ontsmetting van recirculatiewater in gesloten teeltsystemen. (Runia & Amsing, 1996).

De werking van ozon tegen bacterieziek en zilverschurft is onderzocht door PPO. De aardappels werden uitwendig ontsmet. Er was geen doordringing inwendig en ook schillen met grond werden niet ontsmet. Ozon werkte daarom onvoldoende tegen zilverschurft. Ozon gaat uitbreiding van *Erwinia* door de partij aardappelen tegen. De vitaliteit van *Rhizoctonia-sclerotien* daalde met 70% (Knuivers, 2008).

Peroxone is de combinatie met waterstofperoxide en ozon. Door de combinatie van beide producten ontstaan zeer krachtige deeltjes; hydroxyl (OH⁻) radicalen. Deze radicalen oxideren de meeste organische verontreinigingen in water. In de Verenigde Staten en Duitsland wordt peroxone gebruikt bij de bereiding van drinkwater. Door toevoeging van waterstofperoxide wordt de ontbinding van ozon versneld. Oxidatie met peroxone is sneller en meer reactief dan ozonisatie. Excessieve hoeveelheden peroxide kunnen de vorming van hydroxyl radicalen beperken en de effectiviteit van peroxone reduceren. De pH is ook van invloed op de effectiviteit van peroxone (www.lenntech.com).

6.4.2.5 UV-C straling al dan niet in combinatie met waterstofperoxide

Hydroxyl radicalen kunnen ook worden gevormd door waterstofperoxide te bestralen met biocide UV-C straling (200-280 nm). In onderzoek met een middendruk UV-C lamp en een dosis van maximaal 1 mmol H₂O₂ per liter recirculatiewater dat vlak vóór passage langs de lamp aan het recirculatiewater wordt toegevoegd bleek dat de combinatie veel effectiever was tegen de schimmel *Pythium aphanidermatum* dan UV-C bestraling afzonderlijk. Ook waterstofperoxide alleen is in recirculatiewater van substraatteelten niet effectief genoeg vanwege de reactie met organische verontreinigingen in het water. Teveel peroxide in het water voorafgaand aan de behandeling met UV-C straling is ongewenst vanwege een teruglopende effectiviteit van de ontsmettingsunit (Runia & Boonstra, 2001).

UV-C straling is effectief bij bepaalde doses die voor diverse pathogenen erg verschillend zijn. In de tuinbouw bleek voor het elimineren van het tabaksmozaïekvirus een dosis van 250 mJ/cm² nodig te zijn.

Voorwaarde voor effectiviteit is een filtering van het te behandelen water vooraf met een filter van maximaal 70 micron poriegrootte. Uit de literatuur is bekend dat na een grovere filtratie er geen samenhang meer is tussen de UV-C dosis en het ontsmettingsresultaat (Runia, 1992). Volgens het Water Treatment Handbook van Bernard en anderen uit 1991 is voor cysten van *Giardia* ook een hoge dosis vereist van 150 mJ/cm² (Runia, 1995). In de

Verenigde Staten is door het Department of Agriculture (USDA) vastgesteld dat voor de onmiddellijke inactivatie van *Meloidogyne javanica* larven een dosis van 316 mJ/cm² was vereist (USDA, 2007).

6.4.3 Fysische methodieken

De informatie die beschikbaar is over lethale temperaturen van nematoden in zowel water als grond is voor dit rapport relevant. Gedurende het wasproces dienen cysten in het water te worden gedood maar ook cysten die direct op de aardappelschil aanwezig zijn of in grondresten op de knol.

6.4.3.1 Stoom/warme lucht/warm water

De dodingstemperatuur van cysteaaltjes in grond is bij een behandelingstijd van 30 minuten 50°C (IKC-AT, 1992).

In het Verenigd Koninkrijk is onderzocht in laboratoriumproeven met stoom/luchtmengsels welke minimumtemperatuur bij een behandelingstijd van 3 minuten lethaal was voor *Globodera* cysten van *G. pallida* en *G. rostochiensis* in twee verschillende grondsoorten. Voor droge cysten van beide soorten was de lethale temperatuur 50°C in beide grondsoorten. Vochtige cysten hadden in een zavelige zandgrond met 6% organische stof 50-60°C nodig gedurende drie minuten. In een zware zavelgrond met weinig organische stof (1,6%) was 50°C voldoende voor doding (van Loenen e.a., 2003).

Brodie (1997) toonde aan dat cysten van *G. rostochiensis* die 24 uur waren voorgeweekt in water gedood waren na 30 seconden bij 55°C. Droge cysten echter overleefden temperaturen van 75°C gedurende korte periodes.

In labproeven werd de cysteninhoud van *H. schachtii* in zware zavelgrond voor 98% gedood na drie uur bij 50°C (D'Addabbo, 2005).

Bijloo meldt in 1955 dat al in 1935 de effectiviteit van een warm water behandeling tegen cysteaaltjes (*Heterodera rostochiensis*) op aardappels met aanhangende grond is onderzocht door Triffit en Hurst. Geen enkele temperatuur waarbij de cysten werden gedood, was ongevaarlijk voor de aardappelen.

In labproeven werd de cysteninhoud van *H. schachtii* in water voor minimaal 80% gedood na tenminste twee uur bij 50°C (D'Addabbo, 2005).

7 DISCUSSIE EN CONCLUSIE

Resultaten 2007

De proefopzet van 2007 is zodanig gekozen dat de methodiek van wassen en ontsmetten kon worden getest op effectiviteit. Daarom zijn er percelen geselecteerd met consumptieaardappels waarin een zware besmetting met aardappelcysteaaltjes (*Globodera pallida*) was vastgesteld. Dergelijke besmettingen zijn bij pootgoedteelten zeldzaam omdat pootgoed wordt geteeld op percelen met een AM-vrijverklaring. Alleen zeer vatbare rassen kunnen zich eventueel vermeerderen op een perceel met een besmetting onder de detectiegrens. Door de pootgoedmaat uit te sorteren en te gebruiken voor de proef kon de praktijksituatie worden nagebootst met dien verstande dat de besmettingsgraad onwaarschijnlijk hoog was voor een pootgoedsituatie. Door deze 'worst case' benadering kan de effectiviteit van de techniek goed worden vastgesteld en bovendien zullen de resultaten in de praktijksituatie altijd gunstiger uitpakken dan in het onderzoek. Dit garandeert de betrouwbaarheid van het eindresultaat.

Na het sorteren is bij de toetsrassen al minimaal 80% van de grond verwijderd. Het wasonderzoek is uitgevoerd met het standaard wasproces zoals wordt toegepast voor alle partijen aardappels die "de Kubbe" reinigt en ontsmet. Uit het onderzoek is gebleken dat de gladschillige, regelmatig gevormde aardappel "Seresta" de kleinste hoeveelheid aanhangende grond per aardappel heeft bij het rooien. Daardoor is dit type aardappel ook in het vervolgetraject van sorteren en wassen in het voordeel gebleken ten opzichte van de ruwschillige "Innovator" en de onregelmatig gevormde "Hansa". Bovendien was er geen aantasting van schimmelziekten zoals (lak)schurft op de aardappels aanwezig waaraan de grond zich kon hechten. Na het wasproces was er op "Seresta" geen grond meer aanwezig (foto 8) en ook geen cysten.

Na het wassen van de rassen Innovator en Hansa is er nog een minimale hoeveelheid restgrond aanwezig op circa een derde van de aardappels. Daarvan was de hoeveelheid per aardappel met grond op het ras Innovator het grootst. Redenen hiervoor kunnen zijn de ruwschilligheid van "Innovator" en de lichte tot matige aanwezigheid van lakschurft (*Rhizoctonia*) op de knollen waardoor de grond zich gemakkelijk kan hechten op de schil (foto 6). Daarnaast maakt ook het type grondsoort met veel kleine slibdeeltjes het lastig om alle grond te verwijderen. In de restgrond zijn geen cysten meer aangetoond en op de ruim duizend knollen zonder grond is nog slechts 1 cyste aangetoond.

Op het ras Hansa was enige schurft zichtbaar (foto 7) waaraan gronddeeltjes mogelijk zijn blijven hangen. Dit ras was geteeld op dekzand dat in droge toestand bij het rooien een redelijk schone aardappel zou opleveren maar in deze proef onder natte omstandigheden is gerooid waardoor er veel aanhangende grond was. De trefkans op cysten was in de grond van de gewassen aardappels ruim twee maal zo groot dan op de aardappels zelf. In beide situaties zijn echter cysten aangetoond.

Cysten kunnen na het wassen achterblijven in ogen maar ook in kleine beschadigingen van aardappels, die bij het lezen er niet uit zijn gesorteerd of achter (lak)schurftstructuren. Totaal was door het sorteren en wassen met het standaardwasproces circa 98% van de cysten verwijderd van de rassen Innovator en Hansa.

De cysten die vanaf de gewassen aardappels en vanuit de grond van de gewassen knollen zijn geïsoleerd bleken in de vitaliteitsproef een levende en vitale inhoud te hebben. De larven uit de cysten hebben voor nieuwe aantasting van een aardappelplant gezorgd en hebben zich daarop vermeerderd. De ontsmetting heeft dus niet de inhoud van de resterende cysten gedood.

Resultaten 2008

Na het sorteren is in 2008 87% van de grond op de aardappels verwijderd. Dit resultaat is vergelijkbaar met het effect in 2007.

De reiniging van de Innovator aardappels in de eerste fase van het wasproces is in 2008 effectiever geweest door het gebruik van nieuwe spuitdoppen. Daardoor is nagenoeg alle grond verwijderd zowel bij het wassen op de standaard snelheid als bij de halve snelheid. Het ontsmetten op halve snelheid heeft geen verbetering van het ontsmettingsresultaat opgeleverd ten opzichte van het standaard wasproces. Na het wassen is >90% van de cysten verwijderd ten opzichte van de besmetting op de gerooide aardappels. Dit is ook het resultaat als de Innovators zijn geborsteld en gesorteerd. Bij geborstelde gladschillige Milva's is het resultaat zelfs 99% maar intensief borstelen levert kwaliteitsschade op omdat de schil van de aardappels wordt beschadigd.

De conclusie is dat aardappels door wassen wel grondvrij kunnen worden gemaakt maar niet cystenvrij. Een enkele cyste blijft achter in ogen of achter andere oneffenheden op de knol.

Literatuuronderzoek

Momenteel is voor het cystenvrij maken van pootgoed een wasproces bij 'De Kubbe' te Biddinghuizen beschikbaar op basis van een **reiniging met ozon behandeld water** en een **ontsmetting met Agriclean (natriumhypochloriet)** (www.dekubbe.nl). Beide fases in het huidige wasproces richten zich uitsluitend op de buitenkant van de aardappelknollen. Het is daarom van groot belang dat zieke en beschadigde knollen vooraf zoveel mogelijk worden uitgesorteerd, omdat intern besmette knollen niet kunnen worden ontsmet en daarom een bron van verspreiding blijven voor andere knollen in de partij.

Vervolgens is het zaak om de aanhangende grond op de aardappels tijdens de reiniging zoveel mogelijk te verwijderen. Nu gebeurt dit onder hoge druk met ontsmet water in een systeem met hergebruik van water. De effectiviteit van deze fase van reiniging hangt af van het type aardappel, de herkomst qua grondsoort en de kwaliteit van de aardappelschil. Ruwschillige aardappelen of aardappelen met veel schurft of aanhangende plakkerige grond zijn veel moeilijker te reinigen dan gladschillige, gave knollen van een zandgrond bijvoorbeeld. Dit onderdeel verdient veel aandacht omdat met de gronddeeltjes ook achtergebleven cysten in die grond worden verwijderd. De reinigingscapaciteit dient te worden ingesteld op de kwaliteit van de partij.

Na het afwassen van de grond blijft een partij aardappels over die nog steeds een ruw oppervlak kan hebben door schimmelaantasting en/of cultivar gebonden; ruwschillig, diepogig. Nog aanwezige cysten moeten van deze knollen worden ontsmet of verwijderd. In dit hoofdstuk worden diverse mogelijkheden voor ontsmetting aangedragen.

Reiniging

Uit de literatuur is gebleken dat door wassen van aardappels ze goed kunnen worden gereinigd van cysten als er vrijwel geen grond meer achterblijft op de aardappelen. Ook bleek de behandelingstijd van belang; drie wasbeurten was effectiever dan één of twee. Voorwaarden waren een bedekking van de schil met schurft van maximaal 25% en wonden niet dieper dan 2 mm. Secuur sorteren bleek ook hier van cruciaal belang.

Er is geen literatuur beschikbaar over de effectiviteit van borstelen van pootgoed.

Ook kan de effectiviteit van polijsten voor verwijdering van cysten niet worden beoordeeld door gebrek aan informatie hierover. Het feit dat knollen uitwendig schoner worden is echter in principe gunstig voor het schonen op cysten.

Voorwaarde voor alle reinigingsmogelijkheden is dat de kiemkracht van de knollen op peil blijft.

Ontsmetting

Het voordeel van in water oplosbare oxidatiemiddelen is dat ze een depotwerking hebben. Dat betekent dat deze middelen effectief blijven in het water zolang de concentratie in combinatie met de behandelingstijd lethaal is voor de te doden ziektekiemen.

Dit in tegenstelling tot een waterbehandeling met ultraviolette straling (UV-C) die geen depotwerking in het water heeft. Op het moment dat de stralingsbron wordt uitgeschakeld is er geen restwerking meer in het water.

Het gas ozon neemt een tussenpositie in. Dit gas kan wel in het water worden geïnjecteerd maar zal zo snel mogelijk weer ontwijken uit het water. Het ozongas verblijft na de injectie dus korte tijd in het te behandelen water. Omdat ozon bij bepaalde concentraties en blootstellingstijden schadelijk is voor levende organismen wordt deze toepassing veelal in afgesloten ruimtes uitgevoerd.

De behandeling van het spoelwater met ozon voordat het wordt hergebruikt voor de reiniging van de knollen is een goede keuze vanwege de krachtigheid van dit oxidatiemiddel ten opzichte van andere oxidatiemiddelen. Vanwege de zware organische vervuiling in het spoelwater is op basis van informatie uit dit rapport een behandeling met uitsluitend UV-C straling voor het reinigen van aardappelknollen met cysten niet geschikt.

Het verwarmen van het spoelwater tot een voor cysten lethale temperatuur is geen optie omdat uit onderzoek gebleken is dat deze behandeling de knolkwaliteit nadelig beïnvloedt.

Oxidatiemiddelen die gebruikt kunnen worden voor de ontsmetting zijn op basis van chloor of van waterstofperoxide. Er zijn goede onderzoeksresultaten met **natriumhypochloriet** tegen cysten van aardappelpycysteaaltjes. Na 1 uur onderdompeling van cysten in een oplossing van natriumhypochloriet met 1% vrij chloor waren alle eieren en larven van ACA cysten dood. Na onderdompeling van aardappelknollen met ACA-cysten gedurende twee uren werden geen cysten meer aangetoond.

Bovendien is het middel ook effectief gebleken tegen de *Erwinia* bacterie.

Natriumhypochloriet heeft een brede toelating in Nederland.

Op dit moment zijn er in Nederland geen middelen op basis van **chloordioxide** meer toegelaten. Toch lijkt deze werkzame stof perspectief te bieden. Chloordioxide wordt tegenwoordig steeds meer toegepast omdat het minder schadelijke effecten heeft op mens en milieu. Het is een sterke bestrijder van bacteriën en schimmels en blijft in water tenminste 48 uur lang actief als bactericide. Chloordioxide is selectiever dan chloor en in vergelijking met chloor of ozon is er minder chloordioxide nodig om een actief desinfectiemiddel te verkrijgen. Daarnaast kan het worden toegepast in situaties met een hoog gehalte aan organisch materiaal aldus de literatuur. Er zijn geen onderzoeksresultaten van chloordioxide tegen cysten van ACA bekend. Wel is het gas effectief tegen *Erwinia* gebleken. Vanwege alle genoemde argumenten verdient chloordioxide nader onderzoek naar de effectiviteit tegen ACA. Bij gebleken geschiktheid zal chloordioxide voor praktijktoepassing de toelatingsprocedure moeten doorlopen.

Van de oxidatiemiddelen op basis van peroxide zijn nog geen onderzoeksresultaten bekend tegen ACA. Voordeel van deze middelen is dat de afbraakproducten water en zuurstof zijn en dus milieuvriendelijk. Middelen op basis van waterstofperoxide, die in Nederland al een toelating hebben als bestrijder van schadelijke schimmels of bacteriën hebben mogelijk potentie voor het ontsmetten van pootgoed.

Bij gebleken geschiktheid is slechts een uitbreiding van de toelating nodig.

Slotconclusie en aanbevelingen

Samengevat kan worden gesteld dat allereerst alles in het werk gesteld dient te worden om aardappels zodanig te reinigen dat ze vrij van grond zijn voordat de ontsmetting wordt uitgevoerd. Daarna wordt een ontsmetting uitgevoerd. Op dit moment gebeurt dit in het huidige wasproces bij de Kubbe met natriumhypochloriet. De ontsmetting wordt uit voorzorg uitgevoerd tegen de *Erwinia* bacterie. Deze ontsmetting is onvoldoende effectief tegen de

resterende cysten gebleken want de larven uit de cysten bleken nog vitaal en tot vermeerdering in staat. Dit hangt mogelijk samen met de gerealiseerde concentratie(C) en behandelingstijd(T). In deze situatie worden de knollen met dit middel besproeid en niet erin ondergedompeld zoals in onderzoek elders. Onderzoek kan uitwijzen welke CT-waarde noodzakelijk is om ACA cysten effectief te bestrijden.

Uit effectiviteits- of milieu-overwegingen is het mogelijk dat er op termijn een alternatief voor natriumhypochloriet moet worden toegepast. Daarvoor komen chloordioxide en toegelaten middelen op basis van peroxide in aanmerking. Een vergelijkend onderzoek naar de effectiviteit van deze middelen tegen ACA kan uitsluitsel geven over het meest effectieve middel tegen ACA.

De conclusie is dat aardappels door wassen wel grondvrij kunnen worden gemaakt maar niet cystenvrij. De nabehandeling met NaOCl heeft geen dodend effect op de cystinhoud.

8

LITERATUUR

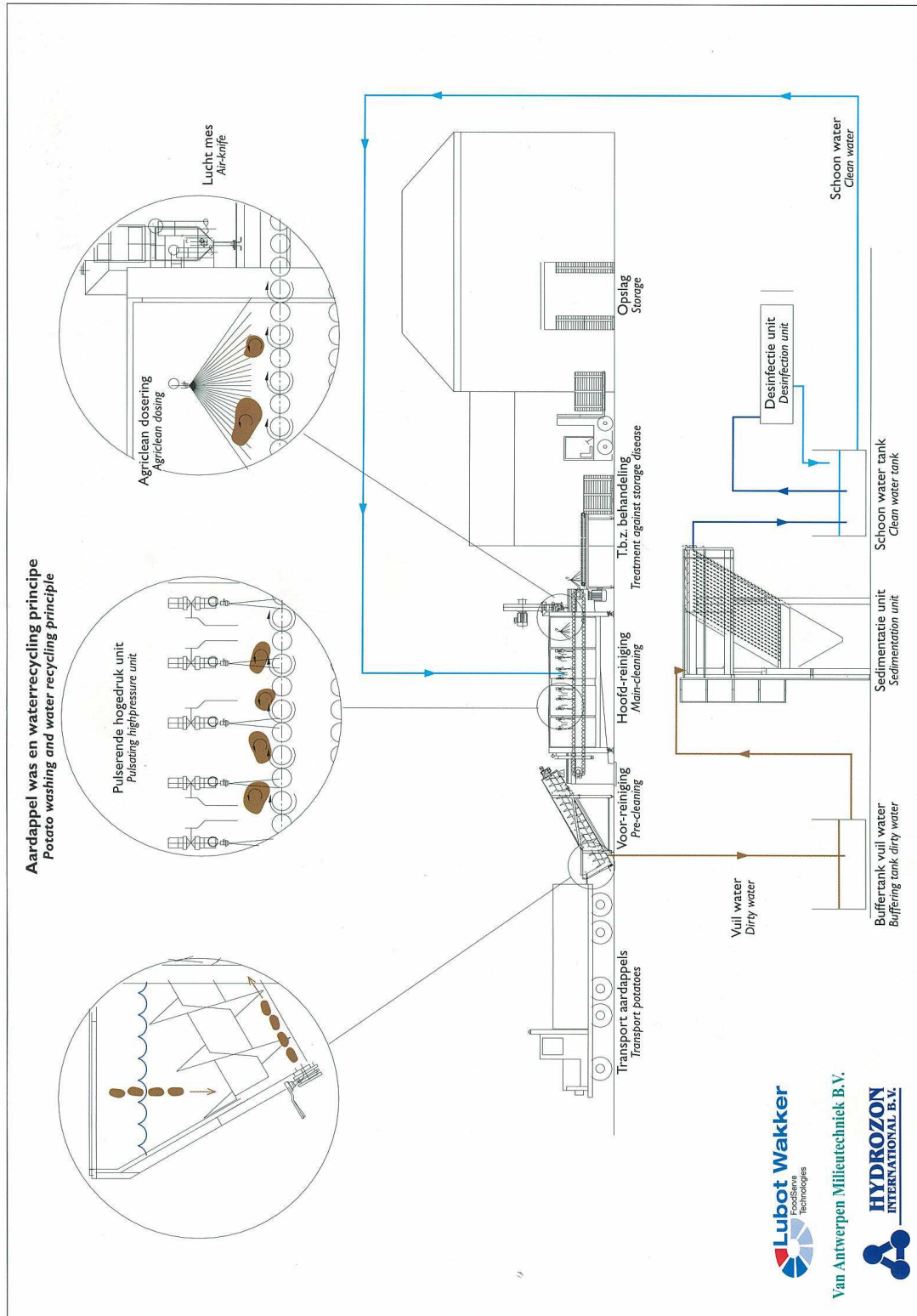
- Amsing, J. J. and W. T. Runia (1996). "Ozon en waterstofperoxide verliezen de strijd : drainwaterontsmetting tegen aaltjes." Vakblad voor de bloemisterij 51(16): 33.
- Barbeau, B., M. Rivard, et al. (2006). "The impact of natural organic matter on free chlorine and chlorine dioxide disinfection efficacy." Journal of Water Supply: Research and Technology Aqua. 2006; 55(6): 383-390.
- Bijloo, J. D. (1955). "Proeven ter bestrijding van *Heterodera rostochiensis* door het wassen en ontsmetten van aardappelen." Tijdschrift voor Planteziekten 61: 47-51.
- Brakeboer, T. (1994). "Witlof : Loeters oogst lof met reciclean." Vakdeel vollegrondsgroenten : gespecialiseerd vakdeel bij Groenten + fruit(32): 6-7.
- Brodie, B.B., 1997. "Steam disinfests agricultural equipment". Newsletter Agricultural Research Service United States Department of Agriculture.
- D' Addabbo, T., N. Sasanelli, et al. (2005). "Effect of water, soil temperatures, and exposure times on the survival of the sugar beet cyst nematode, *Heterodera schachtii*." Phytopathology 95(4): 339-344.
- Gardner, R., Beardsell, D., Nambiar, L and Partington, D. (2006). "Efficacy of washing to remove cysts of *Globodera rostochiensis* from potato cv. Trent tubers from peaty clay soil." Australian Plant Pathology 35: 385 - 389.
- Hammink, H. (2007). "De lange, moeizame tocht van Clarmarin". Boerderij/Akkerbouw 92 – no. 6: 14-15.
- IKC-AT (1992). "Stomen; technische handleiding bij het stomen van grond en substraat". Pag. 49.
- Kluepfel, D. (2007). "Control of plant parasitic root diseases and nematodes in ornamental production systems". Annual Report 2007 USDA Agricultural Research Service.
- Knuivers, M. (2008). "Ozon is geen wondermiddel, ozon is hulpmiddel bij bestrijding bacterieziek." Boerderij 93(18): 70-73.
- Loenen, M. C. A. v., Y. Turbett, et al. (2003). "Low temperature-short duration steaming of soil kills soil-borne pathogens, nematode pests and weeds." European-Journal-of-Plant-Pathology. 2003, 109: 9, 993-1002.
- Niepold, F. (1999). "Untersuchungen zur abtötungseffizienz der persäuren Degaclean en Clarmarin und dem katalase-hemmer KH10 der Fa. Degussa gegen die beiden quarantänebakterien *Clavibacter michiganensis* ssp. *sepedonicus* und *Ralstonia solanacearum* in wässriger suspension und im abwasser der stärkeproduzierenden industrie". Journal of Phytopathology 147, 625-634.
- Olsen, N. L., G. E. Kleinkopf, et al. (2003). "Efficacy of chlorine dioxide for disease control on stored potatoes." American Journal of Potato Research. 2003; 80(6): 387-395.
- Ridder, J. K. (1996). "Poters beter gewassen, minder beschadigd." Akkerbouw : tweewekelijks vaksupplement van Boerderij 81(2): 22-23.
- Ridder, J. K. & C. D. van Loon (1992). "Het effect van calciumperoxide op de opbrengst van consumptie-aardappelen en het optreden van bacterieziekten bij pootaardappelen." Jaarboek 1992: verslagen van afgesloten onderzoeksprojecten op Regionale Onderzoek Centra en het PAGV: 12-15.
- Runia, W. T. (1995). "A review of possibilities for disinfection of recirculation water from soilless cultures." Acta Horticulturae 382: 221-229.
- Runia, W. (1992). "Drainwaterontsmetting met UV-licht geeft goed resultaat." Vakblad voor de Bloemisterij 10: 44-47.
- Runia, W. T., Amsing, J.J. (1996). "Disinfestation of nematode-infested recirculation water by ozone and activated hydrogen peroxide." ISOSC Proceedings 1996: 381-393.
- Runia, W. T. and S. Boonstra (2001). "Disinfection of *Pythium*-infested recirculation water by UV-oxidation technology." Proceedings Med. Fac. Landbouww. Univ. Gent 66/2a: 73-82.

- Winiiecka Krusnell, J. and E. Linder (1998). "Cysticidal effect of chlorine dioxide on *Giardia intestinalis* cysts." Acta Tropica. 1998; 70(3): 369-372.
- Wood, F. H. and M. A. Foot (1975). "Treatment of potato tubers to destroy cysts of potato cyst nematode: a note." New Zealand Journal of Experimental Agriculture. 1975; 3(4): 349-350.
- Wood, F. H. and M. A. Foot (1977). "Decontamination of potato tubers grown in soil infested with potato cyst nematodes." New Zealand Journal of Experimental Agriculture. 1977; 5(4): 315-319.
- Wood, F. H., M. A. Foot, Schappi, R. (1977). "Emergence and yield from seed potatoes after immersion in sodium hypochlorite solutions." New Zealand Journal of Experimental Agriculture. 1977; 5(4): 321-326.

Internetbronnen:

- www.minlnv.nl (pd/schadelijke organismen/quarantaineorganismen)
- www.marcelissen.nl
- www.lenntech.com waterdesinfectie/desinfectiemiddelen
- www.ctb.agro.nl
- www.dekubbe.nl

BIJLAGE 1 WASPROCES DE KUBBE TE BIDDINGHUIZEN



BIJLAGE 2 GEMIDDELDE HOEVEELHEDEN GROND PER AARDAPPEL 2007

Beoordeling hoeveelheden grond op aardappels 3 x 200 knollen per ras vóór wassen ca 350 knollen per ras na wassen (Innovator, Hansa) Op Seresta was geen grond meer aanwezig na wassen				
Bedrijf	Ras	ongesorteerd	na sorteren ongewassen	na sorteren en wassen
		hoeveelheid grond/aardappel (g)		
1	Seresta	1,02	0,05	0,000
2	Innovator	1,92	0,43	0,002
3	Hansa	2,52	0,49	0,001

BIJLAGE 3 GEMIDDELDE AANTALLEN CYSTEN PER AARDAPPEL 2007

Beoordeling grond en aardappels op cysten 3 x 200 knollen per ras vóór wassen > 1000 knollen per ras na wassen									
Bedrijf	Ras	besmetting perceel	ongesorteerd		na sorteren ongewassen		na sorteren en wassen		
n cysten/200 g grond			n cysten/aardappel						
			uit grond	%	uit grond	%	op aardappel		%
							zonder grond	met grond	
1	Seresta	6	0,0033	100	0,0000	0	0,0000	n.v.t.	0,0
2	Innovator	102	0,0333	100	0,0133	40	0,0010	0,0000	2,2
3	Hansa	420	6,1317	100	1,1667	19	0,0799	0,1773	1,7

BIJLAGE 4 GEMIDDELDE HOEVEELHEDEN GROND PER AARDAPPEL 2008

Beoordeling hoeveelheden grond op aardappels 3 x 200 knollen per behandeling vóór wassen 4 x 250 knollen per behandeling na wassen				
Behandeling	Ras	ongesorteerd	na sorteren ongewassen	na sorteren en wassen
		hoeveelheid grond per aardappel (g)		
standaard wassen	Innovator	6,07	0,79	0,00042
op halve snelheid wassen	Innovator	5,49	0,71	0,00068
borstelen	Innovator	ongesorteerd	na borstelen en sorteren	
borstelen	Milva	5,29	0,07	
borstelen	Milva	6,93	0,14	

BIJLAGE 5 GEMIDDELDE AANTALLEN CYSTEN PER AARDAPPEL 2008

Beoordeling grond en aardappels op cysten						
Beoordeling: 3 x 200 knollen vóór behandeling 4 x 250 knollen na behandeling						
Behandeling	Ras	Perceelsbesmetting	Aantal cysten per aardappel			Effectiviteit
			ongesorteerd	na sorteren ongewassen	na sorteren en wassen	
standaard wassen	Innovator	aantal /200 g grond 200 in valplek	0,37	0,07	0,027	92,7%
op halve snelheid wassen	Innovator	200 in valplek	0,24	0,07	0,016	93,3%
borstelen	Innovator	200 in valplek	0,15		0,004	97,3%
borstelen	Milva	50-100 hele oogstplek	4,37		0,001	99,98%