

Beperking zilverschurft bij tafelaardappelen

Rapportage jaar 2

OPD 98/265/augustus 2000

Vertrouwelijk

M.P. van Hoof
G.J.P.M. van den Boogaard
E.U. Thoden van Velzen
P.L.A. de Leeuw

2245788



Beperking zilverschurft bij tafelaardappelen

Rapportage jaar 2

Ref.nr. OPD 98/265/augustus 2000

Vertrouwelijk

M.P. van Hoof
G.J.P.M. van den Boogaard
E.U. Thoden van Velzen
P.L.A. de Leeuw

ATO
Agrotechnologisch Onderzoeksinstituut
Bornsesteeg 59
Postbus 17
6700 AA Wageningen
Tel: 0317-475029
Fax:0317.475347

Inhoud	pagina
Voorwoord.....	1
1 Inleiding.....	2
1.1 Het probleem zilver schurft	2
1.2 Infectie.....	2
1.3 Bewaring.....	3
2 Eerste jaar: keteninventarisatie	4
2.1 Keteninventarisatie	4
2.2 Verpakkingsexperimenten	5
2.3 Conclusies	5
3 Karakterisering zilver schurft op een aantal praktijkpartijen	6
3.1 Inleiding	6
3.2 Opzet onderzoek	6
3.3 Resultaat.....	7
3.4 Conclusies	9
4 Toepassen van waswater-additieven ter bestrijding van de groei van zilver schurft.....	10
4.1 Inleiding	10
4.2 Lange bewaring	10
4.3 Screening waswateradditieven.....	12
4.4 Conclusies en discussie.....	22
5 Toepassen van een consumentenverpakking met een gereguleerd afgiftesysteem voor carvon	23
5.1 Inleiding	23
5.2 Materiaal en methoden	24
5.3 Resultaten	25
5.4 Conclusie	31
6 Effect omgevingsfactoren op groei en sporulatie	32
6.1 Inleiding	32
6.2 Aanpak algemeen.....	32
6.3 Resultaten	32
7 Triggers voor uitgroeien van zilver schurft op aardappelen.....	39
7.1 Inleiding	39
7.2 Experiment I	39
7.3 Experiment II	42
7.4 Samenvattende conclusies.....	43
8 Conclusies en discussie	44
8.1 Algemene conclusies.....	44
8.2 Discussie	44
Bijlage 1	46
Bijlage 2.....	47
Bijlage 3.....	48

Voorwoord

Voor u ligt de rapportage van het tweede jaar van het project 'Beperking van zilverschurft in de aardappelketen' uitgevoerd door ATO in opdracht van de Nederlandse Aardappel Organisatie (NAO). Het eerste jaar is een inventarisatie van het probleem zilverschurft in de tafelaardappelketen uitgevoerd. Een samenvatting met de belangrijkste punten is in dit rapport bijgevoegd. Jaar twee betreft het onderzoek naar mogelijke beperkende maatregelen tegen zilverschurft in de fase na de lange bewaring. Daarnaast is gelijktijdig een stuk achtergrondonderzoek gedaan, met name naar de omstandigheden waarbij zilverschurft uitgroeit en effecten van uitschuren en mechanische belasting.

Een woord van dank gaat uit naar de bedrijven en personen die hun medewerking hebben verleend aan dit project en de volgende personen op ATO: Piet Hak en Wim van Kleef voor het beoordelen van duizenden aardappelen op zilverschurft, Henry Boerrigter, Aart Zegveld, Eddy Smid, Roy Moezelaar en Koos Oosterhaven voor hun bijdrage aan dit project en Ramun Kho voor de statistische verwerking van de onderzoeksgegevens.

1 Inleiding

1.1 Het probleem zilverschurft

Zilverschurft bij aardappelen wordt veroorzaakt door de schimmel *Helminthosporium solani*. De ziekte is de afgelopen jaren steeds meer een probleem geworden voor de aardappelsector. Dit komt door een aantal factoren, zoals ontstaan van resistentie tegen thiabendazole-gebaseerde fungiciden, bewaarplaatsen met hogere luchtvochtigheid, niet meer ontsmetten van pootgoed en meer aandacht voor kwaliteit. De schimmel *H. solani* tast alleen de knol aan en vormt zilvergrijze vlekken op de schil. Het veroorzaakt verder geen schade in andere delen van de plant. Tijdens bewaring kan aanzienlijk schade worden veroorzaakt door de schimmel door gewichtsverliezen en slap worden en verschrompelen van de knollen. Verder is het een cosmetisch probleem bij tafelaardappelen. Voor verwerking kan zilverschurft bij het schillen voor problemen en extra schilverliezen zorgen, doordat de uitgedroogde en aangetaste plekken moeilijker te schillen zijn.

1.2 Infectie

H. solani kan conidia (sporen) produceren, die weer nieuwe infecties kunnen veroorzaken. Deze sporen kunnen zich in water of door de lucht gemakkelijk verplaatsen. De ziekte kan door het pootgoed worden overgedragen. Ook kan de schimmel overleven in de grond en op dood organisch materiaal. De schimmel penetreert door de periderm van de aardappelknol of door natuurlijke openingen in de aardappel. De aardappelknol hoeft dus niet beschadigd te zijn om besmet te raken. Na infectie zal de schimmel groeien. De groei van de schimmel is sterk afhankelijk van de temperatuur en de luchtvochtigheid. Bij normale bewaartemperaturen (rond de 6°C) zal de schimmel langzaam groeien.

Pootgoed

Er zijn sterke aanwijzingen dat aardappelen geïnfecteerd kunnen raken met zilverschurft via het pootgoed. Bij infectie via het pootgoed zullen de knollen vooral geïnfecteerd raken bij het naveleinde als gladde zilvergrijze plekken. Ook van velden waar nooit eerder aardappels hebben gestaan zijn aardappelen geoogst met zilverschurft. Dit is een indicatie dat infectie via de moederknol kan plaatsvinden.

Bodem

Recent is aangetoond dat de schimmel in leven blijft in dode en verteerde organische materialen in de bodem. De schimmel blijft minstens een jaar infectueus. De grond kan dus een bron van besmetting zijn.

Oogst

Een late oogst, speciaal na het loofvernietigen, bevordert een aantasting met *H. solani*. Natte en warme bodemomstandigheden dragen bij aan de sporenvorming van de schimmel. Tijdens de oogst kunnen gemakkelijk aangetaste en schone knollen door elkaar gemengd worden. Ook kan infectie plaatsvinden door stof of grond dat aan de machines of transportbanden blijft hangen. Dit kan weer resulteren in nieuwe infecties.

1.3 Bewaring

Infectie van knollen voor de bewaring kan worden gekenmerkt als primaire besmetting. In de bewaring kan secundaire besmetting optreden. De plekken ontstaan door secundaire besmetting zijn door de lage temperaturen in de bewaarplaats pas zichtbaar enkele maanden na infectie. Deze plekken beperken zich niet tot het navelende, maar komen over de gehele knol voor. De secundaire besmetting kan plaatsvinden door contact en vermenging van besmette met gezonde knollen. Door het ontstaan van condens in de bewaarplaats kan de sporulatie en de verspreiding van de schimmel verder toe nemen.

De sporen van *H. solani* blijven levensvatbaar voor lange perioden op materiaal als hout en bepaalde kunststoffen. Ook zijn er aanwijzingen dat de schimmel langere tijd in stof in bewaarplaatsen kan overleven, speciaal als er aardappelresten of ander organisch materiaal tussen het stof zit. Als de omstandigheden gunstig zijn voor de schimmel, kan vanuit deze bronnen infectie door sporen plaatsvinden. Besmetting in de bewaring kan dus plaatsvinden van reeds geïnfecteerde knollen of van schimmel(sporen) achtergebleven in de bewaarplaats van voorgaande jaren. Ook via machines en transportbanden kan besmetting plaatsvinden.

De schimmel gedijt goed op plekken in de aardappelbewaarplaats waar vrij vocht aanwezig is. Vrij vocht kan ontstaan door condensatie op plafonds of wanden uit lucht met een relatief hoge vochtigheidsgraad. Dit kan gebeuren door onvoldoende ventilatie. Ook kan er in de aardappelstapel vocht ontstaan door een ongelijke verdeling van temperaturen in de stapel. In het algemeen zal de ventilatiestroom van beneden naar boven lopen. De warmste plek in een aardappelstapel is dan in de bovenste halve meter van de stapel. Door temperatuurverschillen tussen deze bovenste productlaag en de omgeving kan hierin gemakkelijk condensvorming optreden, waardoor op deze plaats snel infectie kan ontstaan en de schimmel zich kan verspreiden.

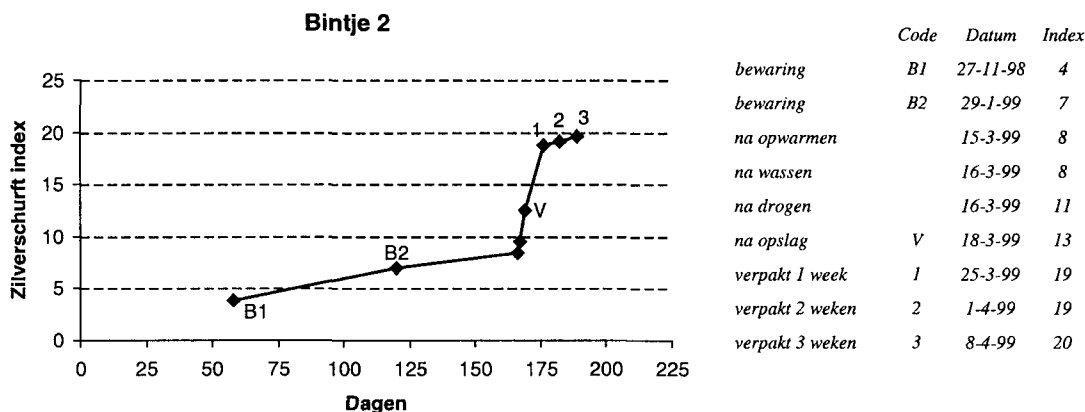
2 Eerste jaar: keteninventarisatie

ATO heeft in seizoen 1998-1999 in samenwerking met enkele bedrijven en in opdracht van NAO een inventariserend onderzoek gedaan naar de uitgroei van en besmetting met zilverschurft in de tafelaardappelketen. Daarnaast is er een eerste onderzoek gedaan naar de mogelijkheden om met een verpakkingsconcept de uitgroei van zilverschurft in de verpakking te stoppen of te remmen.

Dit hoofdstuk beschrijft in het kort de belangrijkste bevindingen van de keteninventarisatie van het voorafgaande seizoen.

2.1 Keteninventarisatie

Seizoen 1998-1999 is een keteninventarisatie uitgevoerd, waarbij van 8 verschillende partijen de uitgroei van zilverschurft is gevolgd van de lange bewaring tot en met het winkelschap. Voor deze inventarisatie zijn op gezette tijden uit de lange bewaring monsters genomen en beoordeeld op de hoeveelheid aanwezige zilverschurftplekken. Bij het kleinverpakken van de partij zijn monsters genomen en beoordeeld na iedere stap in de procesvoering (sorteren, wassen, drogen). Tenslotte is het verpakte product nog 3 weken in de verpakking onder winkelomstandigheden bewaard en wekelijks beoordeeld. Zo is een overzicht verkregen van de mate van voorkomen van zilverschurft op aardappelen in de gehele tafelaardappelketen voor 8 verschillende partijen (figuur 2.1).



Figuur 2.1. Overzicht verloop zilverschurft index voor partij Bintje 2. Dag 0 is moment van oogst. Coderingen: B1, B2 = in bewaring, V = moment van verpakken, 1,2 en 3 = in verpakking na 1,2 en 3 weken winkelsimulatie.

Gelijktijdig met het verpakken van de partijen zijn er waswater, lucht en stofmonsters genomen. Deze monsters zijn beoordeeld op de aanwezigheid van sporen van *H.solanii*.

Uit de keteninventarisatie wordt duidelijk dat alle partijen vroeg in de bewaring al besmet zijn met zilverschurft. Tijdens de lange bewaring van de aardappelen groeit de schimmel langzaam. De zilverschurftbesmetting werd heviger in het logistieke traject dat volgde op de bewaring. Oorzaak hiervoor is de handling van de aardappelen (transport, wassen, verpakken, etc). Het is

onwaarschijnlijk dat de toename van de zilverschurftbesmetting in dit traject veroorzaakt wordt door extra infectie met sporen uit waswater, stof of lucht. Dit blijkt uit de lage aantallen zilverschurftsporen die aanwezig zijn in monsters waswater, stof en lucht genomen tijdens het verpakken van de 8 praktijkpartijen.

2.2 Verpakkingsexperimenten

Parallel aan de keteninventarisatie is een aantal verpakkingsexperimenten uitgevoerd. Hierbij is de ontwikkeling van zilverschurft in de verpakking bij verschillende verpakcondities en verschillende opslagcondities onderzocht. De aardappelen zijn verpakt op ATO onder verschillende omstandigheden en 2 tot 3 weken bewaard bij winkelomstandigheden. In de verpakking neemt de aantasting met zilverschurft toe. Er is geen verhoogde toename van zilverschurft als gevolg van vocht (condens) of een hoge RV in de verpakking. Het verpakken van ongewassen aardappelen leidt tot een mindere toename van zilverschurft dan het verpakken van gewassen knollen. Dit wijst op een effect dat handling heeft op de mate van zilverschurftgroei. Het koud bewaren van verpakt product heeft een klein remmend effect op de zilverschurft toename. Het laten vrijkomen van Talent (S-carvon) in de verpakking kan de uitgroei van zilverschurft in een 'dichte' verpakking remmen.

2.3 Conclusies

Waarschijnlijk zijn vrijwel alle partijen aardappelen in Nederland vroeg in de bewaring al besmet met zilverschurft. De besmetting groeit tijdens de lange bewaring langzaam uit. Er ontstaan pas problemen als de aardappelen uit de bewaring komen. Door veranderende omstandigheden als gevolg van handling van de aardappelen, gaat de schimmel versneld verder met zijn ontwikkeling. Dit resulteert in een snelle toename van de bedekkinggraad van zilverschurftplekken op de aardappel. Deze groei gaat door in de verpakking, ongeacht vocht (condens) of hoge RV. Naarmate aardappelen later in het seizoen worden verwerkt, zal de zilverschurft aantasting zwaarder en de toename in de verpakking groter zijn.

Er zijn in de tafelaardappelketen, van teelt tot consument, verschillende momenten om uitgroei van zilverschurft aan te pakken. Een integrale benadering van het probleem biedt het meeste kans op succes. Minimalisatie van de zilverschurftaantasting in het winkelschap begint al bij de teelt en het gebruikte pootgoed. Door een goed ketenmanagement en de inzet van diverse maatregelen in de verschillende fasen van de tafelaardappelketen, kan het probleem zilverschurft onder controle blijven.

3 Karakterisering zilverschurft op een aantal praktijkpartijen

3.1 Inleiding

Tijdens de keteninventarisatie van voorgaand seizoen is een aantal partijen gevolgd van oogst tot en met verpakken van het product. Dit heeft een karakteristieke groeicurve laten zien van zilverschurft gedurende de keten (figuur 2.1). Ook werd hierdoor duidelijk dat er altijd een (latente) beginbesmetting aanwezig is. Om na te gaan of deze resultaten ook andere jaren gelden zijn weer een aantal partijen geselecteerd voor zilverschurftbepalingen in de keten. Het aantal monsterpunten is teruggebracht tot twee, direct na de oogst en na verpakken van de aardappelen. Er worden dit jaar twee nieuwe rassen aan het onderzoek toegevoegd; Turbo en Inova.

Naast een aantal partijen uit de praktijk zijn op ATO-proefboerderij 'de Eest' van drie rassen aardappelen geteeld voor dit onderzoek. Reden was een werkvoorraad te hebben op ATO, waarmee diverse experimenten zijn uitgevoerd. De drie rassen waren Santé, Bintje en Bildtstar.

3.2 Opzet onderzoek

3.2.1 Bepalen zilverschurftindex

De zilverschurftindex wordt bepaald aan 15 knollen. De bepaling wordt in drievoud uitgevoerd. Als binnenkomende monsters niet direct beoordeeld kunnen worden, dan vindt opslag van de monsters plaats bij 2°C teneinde verdere groei van zilverschurft te stoppen. De bepaling gebeurt visueel door een expert (zie bijlage 1).

3.2.2 Bepaling zilverschurft besmettingsindex

De zilverschurft besmettingsindex is een soort 'bio-toets' en wordt bepaald om na te gaan of knollen zonder visuele besmetting toch sporen zilverschurft dragen (latente besmetting). Hiertoe worden de knollen gedurende 3 weken bewaard bij 18°C en een hoge luchtvochtigheid (>95%). Dit zijn voor *H. solani* gunstige groeiomstandigheden. De index wordt vervolgens bepaald analoog aan de zilverschurft index bepaling (zie bijlage 1). De besmettingsindex wordt in drievoud bepaald.

3.2.3 Monstername

Zo spoedig mogelijk na oogst is een monster geleverd aan ATO voor een bepaling van de zilverschurft-index en de besmettings-index. Van dezelfde partijen is na verpakken zo spoedig mogelijk een aantal verpakkingen aan ATO geleverd voor opnieuw de bepaling van de zilverschurft- en besmettings-index.

3.2.4 Overzicht rassen en partijen

Tabel 3.1 geeft een overzicht van alle partijen aardappelen betrokken in dit onderzoek, inclusief de zilverschurft- en besmettings-indexen bij oogst en na verpakken.

Tabel 3.1. Overzicht van de partijen betrokken bij het onderzoek in seizoen 1999-2000.

	Oogst		Verpakken		
	Zilverschurft-index	Besmettings-index	Datum verpakken	Zilverschurft-index	Besmettings-index
In-1	0.2	0.5			
In-2	0.0	1.2	13-apr-00	31.1	47.2
In-3	0.3	3.9	13-apr-00	25.4	32.2
Tu-1	0.6	5.5	8-jun-00	13.3	36.7
Tu-2	0.2	2.9	18-mei-00	27.9	40.4
Tu-3	0.2	4.6			
Tu-4*	0.1	1.2	8-jun-00	12.4	27.0
Sa-1	5.9	10.6	19-apr-00	40.0	52.6
Sa-2	5.0	5.9	24-feb-00	13.9	17.2
Sa-3	5.6	9.6	10-mrt-00	19.9	34.1
Sa-4	12.2	18.4	27-mrt-00	55.8	65.3
Bs-Eest	8.2	11.8	25-mei-00	12.0	25.8
Sa-Eest	1.8	2.9	25-mei-00	3.4	4.0
Bi-Eest	0.8	2.7	25-mei-00	6.3	8.1
Bs-1	12.1	20.3			
Bs-2	8.6	20.7	20-apr-00	19.1	39.2
Bs-3	10.3	21.2	5-apr-00	32.6	43.7
Bs-4	3.4	8.2	20-apr-00	6.4	18.0
Bi-1	5.8	9.8	11-jan-00	26.0	51.2
Bi-2	9.7	26.0	24-mei-00	55.1	63.0
Bi-3	2.2	7.3	27-mrt-00	11.5	46.4
Bi-4	3.6	10.9			
Bi-Extra1	32.6**			n.v.t.	
Bi-Extra2	34.1**			n.v.t.	
Sa-Extra1	19.4**			n.v.t.	
Sa-Extra2	16.7**			n.v.t.	

In = Inova

Sa = Santé

Bi = Bintje

Tu = Turbo

Bs = Bildtstar

* is éénmalig met carvon behandeld. ** bij binnenkomst

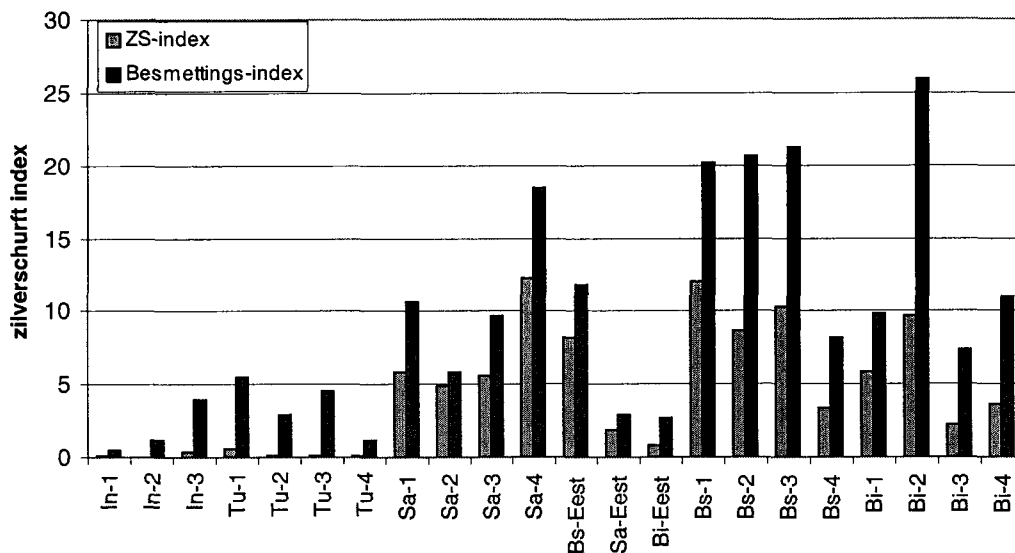
3.3 Resultaat

3.3.1 Zilverschurft-index bij oogsttijdstip

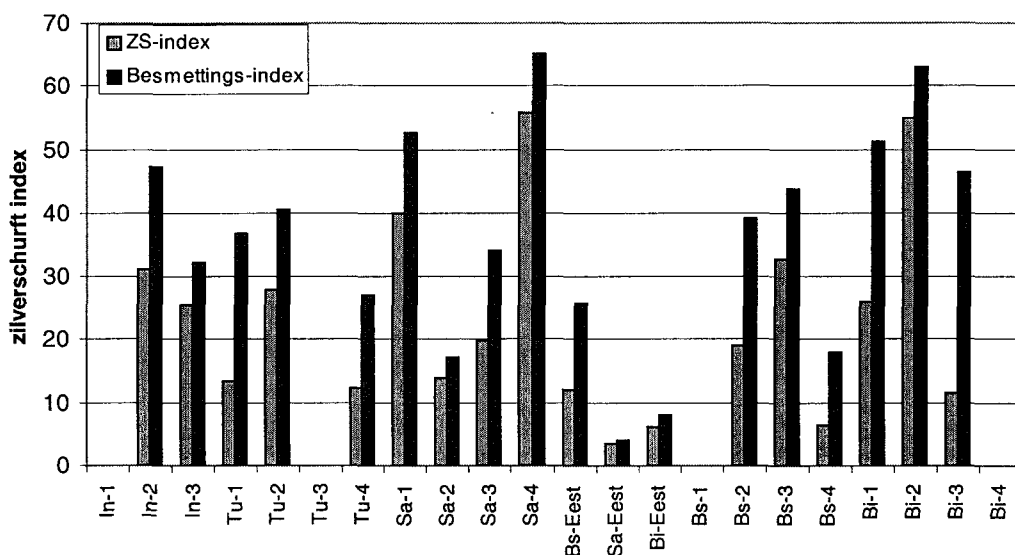
Figuur 3.1 laat de zilverschurft-index en de besmettingsindex zien direct na het oogsttijdstip van de in totaal 22 partijen aardappelen. Van de partijen Santé, Bildtstar en Bintje zijn de zilverschurft-indexen al behoorlijk hoog direct na oogst. De rassen Inova en Turbo hebben niet of nauwelijks waarneembare aantasting met zilverschurft. De besmettings-index laat wel zien dat op alle partijen latent zilverschurft aanwezig is.

3.3.2 Zilverschurft-index in verpakking

Figuur 3.2 laat dezelfde partijen zien na verpakken van het product in de praktijk. De aardappelen hebben de gehele keten doorlopen van bewaring bij de teler tot en met wassen en verpakken op verschillende bedrijven. In alle gevallen is er een aanzienlijke toename van de zilverschurft te constateren. Na uitgroei van zilverschurft bij goede groeiomstandigheden (18°C, in standaardverpakking (RV > 90%)), neemt de zilverschurft-index verder toe.

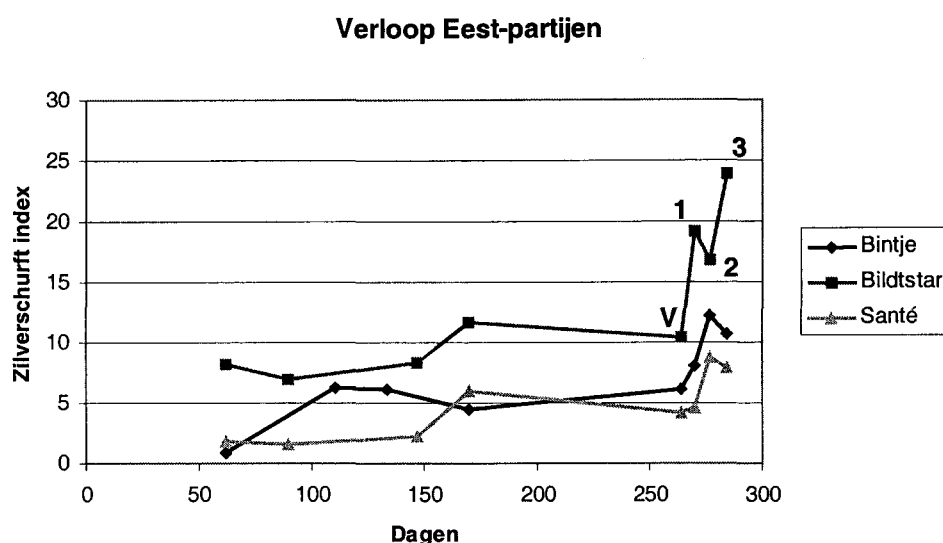


Figuur 3.1. De zilverschurft-index en de besmettings-index van monsters genomen direct na de oogst. Voor verklaring van de codes, zie tabel 1.



Figuur 3.2. De zilverschurft index en de besmettingsindex na verpakken van de partij. Voor verklaring van de codes, zie tabel 1.

In analogie met de keteninventarisatie zijn de partijen afkomstig van proefboerderij 'De Eest' aan het einde van het bewaarseizoen ook verpakt en drie weken bewaard bij winkelomstandigheden. Voor verpakken zijn de partijen gedurende enkele dagen opgewarmd van 7,5°C naar ± 15°C. Daarna zijn de knollen gewassen, aan de lucht gedroogd en verpakt in standaard verpakkingen. Resultaten zijn verwerkt in figuur 3.3.



Figuur 3.3. Verloop van de zilvereschurft index van drie partijen op ATO bewaard en verpakt. V = moment verpakken, 1, 2 en 3 = in verpakking na 1, 2 en 3 weken winkelsimulatie (aangegeven voor Bildtstar, identiek voor Bintje en Santé).

Bij vergelijking van de zilvereschurft-indexen van de partijen van 'de Eest' met die uit de praktijk, dan blijkt dat de Eest-partijen achter blijven wat betreft zilvereschurft-index. Ook uitgroei in de verpakking is minder hevig dan normaal. Met name op Bintje en Santé blijft de ontwikkeling van zilvereschurft ver achter ten opzichte van de praktijk. Na meting in de bewaarcel op ATO blijkt luchtvochtigheid in de cel ongeveer 85% te zijn. Dit is lager dan de gemiddelde RV in praktijksituaties. Mogelijk is de groei van zilvereschurft daarom minder dan op vergelijkbare partijen, die bij de teler bewaard zijn.

3.4 Conclusies

De volgende conclusies kunnen worden getrokken:

- Alle onderzochte partijen bezitten direct na de oogst een besmetting met zilvereschurft. Deze besmetting kan zwaar zijn of nauwelijks zichtbaar, maar aantoonbaar met een biotoets.
- De drie partijen geteeld op 'de Eest' en bewaard op ATO ontwikkelen minder zilvereschurft tijdens lange bewaring dan vergelijkbare praktijkpartijen. Ook de respons op handling en verpakken is lager dan verwacht mag worden. Vermoedelijke oorzaak hiervoor is de relatief droge bewaaromstandigheden in de bewaarcel op ATO (RV = 85%).

4 Toepassen van waswater-additieven ter bestrijding van de groei van zilverschurft

4.1 Inleiding

Uit literatuur blijkt dat er een aantal middelen en methoden bekend zijn om pathogenen als *H. solani* te bestrijden. Middelen die gebruikt worden tijdens de bewaring zijn imazalil en thiobendazol. Deze middelen zijn ongeschikt voor een behandeling tijdens de verpakfase in verband met residuen. De veiligheidstermijn voor imazalil is drie maanden. Ook carvon is een middel dat een remmende werking heeft op de ontwikkeling van *H. solani*. Naast de verpakking met carvon-afgiftesysteem zal een korte puls-behandeling met carvon worden onderzocht. Naast bovengenoemde middelen zijn er tal van alternatieven bekend, waarvan een groot aantal aanzienlijke praktische bezwaren geeft bij applicatie. Er blijven een aantal interessante middelen over, waarvan toepassing op aardappelen in de was- en verpakings-fase een optie is. De toepassing van kaliumsorbaat, hypochloriet en waterstofperoxide zijn in verschillende concentraties en formuleringen getoetst.

Een andere benadering is om de schimmel en schimmelsporen te doden door middel van (UV-) licht. Deze optie is vroegtijdig gestopt in verband met het ontbreken van een geschikte research opstelling en de mededelingen van de importeur dat dit idee geen kans van slagen heeft. Anti-microbiële behandelingen met licht worden voornamelijk toegepast in de farmaceutische en levensmiddelenindustrie voor de ontsmetting van gladde oppervlakken, zoals glas. Ruwe oppervlakken, zoals aardappel geven teveel schaduw voor een effectieve behandeling.

Er is een groot aantal experimenten uitgevoerd. Voor de overzichtelijkheid en de leesbaarheid zal alleen melding worden gemaakt van die experimenten en resultaten die relevant zijn.

4.2 Lange bewaring

Opzet

Om aantal middelen te toetsen op langdurige werkzaamheid zijn een aantal monsters behandeld en vervolgens 2 en 4 maanden bewaard (7,5°C). De volgende behandelingen zijn uitgevoerd:

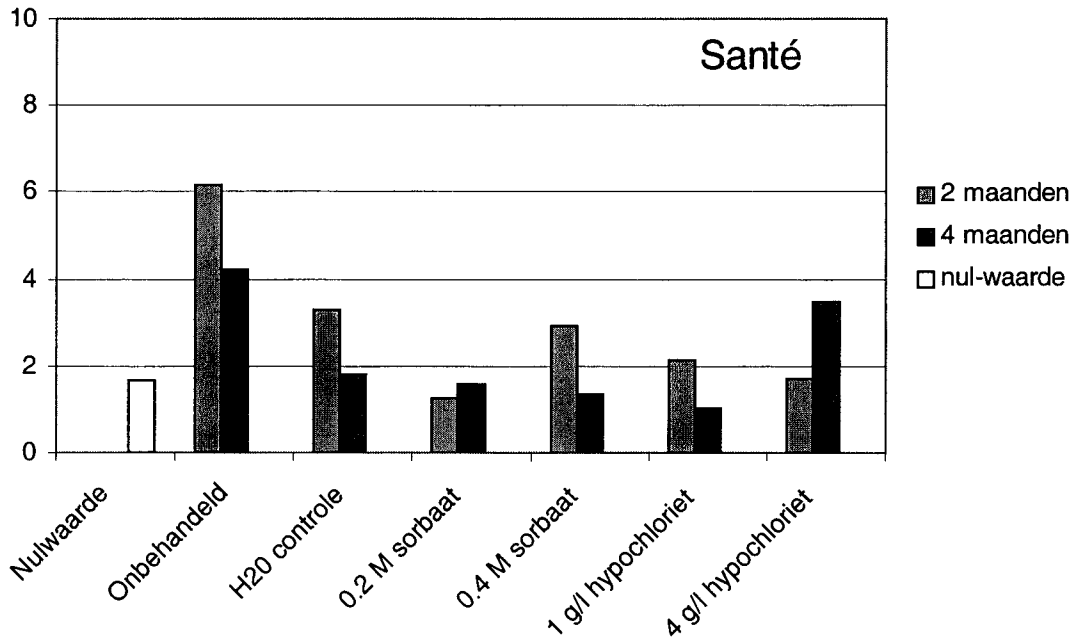
- behandeling met sorbaat (0.2 M en 0.4 M)
- behandeling met hypochloriet (1 g/l en 4 g/l)

De behandeling vond plaats door sprayen van de ongewassen aardappelen met de verschillende formuleringen. Vervolgens werden de aardappelen gedroogd aan de lucht en opgeslagen bij 7.5°C en 85% RV. Controles waren onbehandelde aardappelen en aardappelen met water behandeld. De gebruikte rassen voor dit experiment waren Bildtstar en Santé, beide geteeld op de Eest. Per behandeling zijn drie keer vijftien knollen gebruikt.

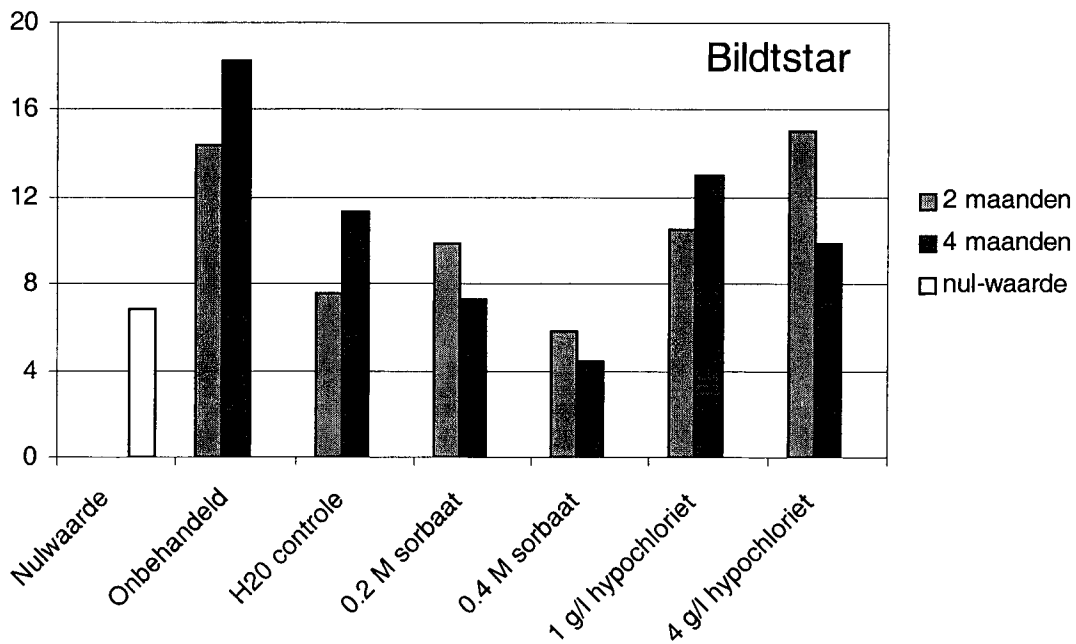
Resultaat

Voor de Santé geldt dat opvallend is dat de beoordeling na twee maanden vaak hoger is dan de beoordeling na 4 maanden. Beste reductie van de groei van zilverschurft geven de behandelingen met sorbaat en de behandeling met 1 g/l hypochloriet. Bij Bildtstar is de behandeling met 0.4 M sorbaat het meest effectief. Opvallend is dat in alle gevallen de controle behandeling met water een reductie geeft ten opzichte van niet behandelde

aardappelen. Dit is precies het tegenovergestelde van wat verwacht mag worden. Vochtige omstandigheden en/of condens op de aardappelen geeft goede omstandigheden voor uitgroei van zilverschorft.



Figuur 4.1. Resultaat van de verschillende behandelingen na twee en vier maanden bewaring van het ras Santé.



Figuur 4.2. Resultaat van de verschillende behandelingen na twee en vier maanden bewaring van het ras Bildtstar.

Conclusie

Uit dit experiment kan geconcludeerd worden dat de beste reductie van zilverschurft verkregen wordt door een behandeling met 0.4 M sorbaat. Maar door de beperkte uitgroei van de controle en de wisselende effecten van een behandeling met water is de conclusie niet hard.

4.3 Screening waswateradditieven

4.3.1 Algemeen

In een aantal opeenvolgende experimenten zijn verschillende potentiële waswateradditieven getest op hun vermogen om zilverschurftontwikkeling te remmen. Er is een groot aantal experimenten uitgevoerd. Voor de overzichtelijkheid en de leesbaarheid zal hier maar een gedeelte van de resultaten gepresenteerd worden.

Algemene opzet van de experimenten

Het idee achter deze experimenten is te komen tot een waswater-additief, dat zeer effectief de groei van zilverschurft-plekken gedurende minstens twee tot drie weken remt. Een behandeling van aardappelen direct na het wassen op de verpakbedrijven met een middel behoort bedrijfstechnisch tot de mogelijkheden. Er zijn twee behandelmethoden: sprayen en dompelen. Globaal geldt voor alle uitgevoerde experimenten een zelfde standaard proefopzet. De aardappelen werden gewassen en aan de lucht gedroogd. Daarna vond behandeling plaats door middel van sprayen (met een plantspuit) tot de aardappelen geheel vochtig waren of door dompelen van de aardappelen. Na behandelen werden de aardappelen weer gedroogd aan de lucht (enkele uren bij kamertemperatuur) en vervolgens verpakt in een standaard geperforeerde aardappelverpakking. De verpakkingen werden gedurende 3 weken opgeslagen bij 'winkelomstandigheden' (18°C, RV 90%, in verpakking >95%). Dit zijn omstandigheden waarbij zilverschurft zich goed ontwikkelt. Na drie weken werden de aardappelen beoordeeld op zilverschurft. Iedere behandeling werd standaard in viervoud uitgevoerd op 15 knollen.

Tabel 4.1. Overzicht van de verschillende experimenten, zoals in dit rapport gepresenteerd.

Overzicht Experimenten Waswater-additieven			
	ras	methode	additief
I	Bintje	spray	sorbaat, hypochloriet, peroxide
II	Santé	spray	sorbaat, hypochloriet, peroxide
III	Bildtstar	spray	sorbaat, hypochloriet, peroxide
IV	Bintje	dompel	carvon
V	Santé	spray	sorbaat, hypochloriet, peroxide
	Bildtstar		sorbaat, hypochloriet, peroxide
VI	Santé	spray	sorbaat, hypochloriet, peroxide
VII	Bintje	dompel	sorbaat, hypochloriet, peroxide

Waswater-additieven

De volgende stoffen zijn gebruikt voor de verschillende behandelingen: natriumhypochloriet, kaliumsorbaat en waterstofperoxide. Deze middelen zijn alle drie goedkoop en worden veel gebruikt voor verschillende doeleinden, oa toepassingen bij levensmiddelen.

Natriumhypochloriet vormt opgelost in water, als actieve stof hypochloorzuur. Kaliumsorbaat is een veel toegepaste stof in levensmiddelen als conserveermiddel (E202). Uit literatuur blijkt een werking van sorbaat tegen zilverschurft op aardappel. Er zijn twee varianten getest, een

normale oplossing en een iets aangezuurde oplossing. Waterstofperoxide (H_2O_2) wordt veel gebruikt voor allerlei ontsmettingsdoeleinden, zoals afvalwater, etc. Ook hier zijn twee verschillende gestabiliseerde formuleringen getest (peroxide A en peroxide B).

Spreiding

Na uitvoeren van een aantal experimenten bleek dat er veel beginvariatie was in de partijen waarmee gewerkt werd. Dit leverde een inhomogeen product dat extra variantie (ruis) met zich mee brengt. Bovendien groeide de zilverschurft-index van de geselecteerde partijen minder goed dan verwacht. Gedurende het seizoen is geprobeerd dit te verbeteren door andere partijen te gebruiken. Ook zijn er experimenten uitgevoerd met vooraf op zilverschurft-klasse geselecteerde aardappelen, zodat er een uniforme beginsituatie bestond. Een laatste toegepaste onderzoeksmethode is het per aardappel vastleggen van begin en eindsituatie door middel van digitale fotografie. Zie ook bijlage 2.

4.3.2 Experiment I

Gebruikt ras: Bintje, partij van 'de Eest' (Bi-Eest).

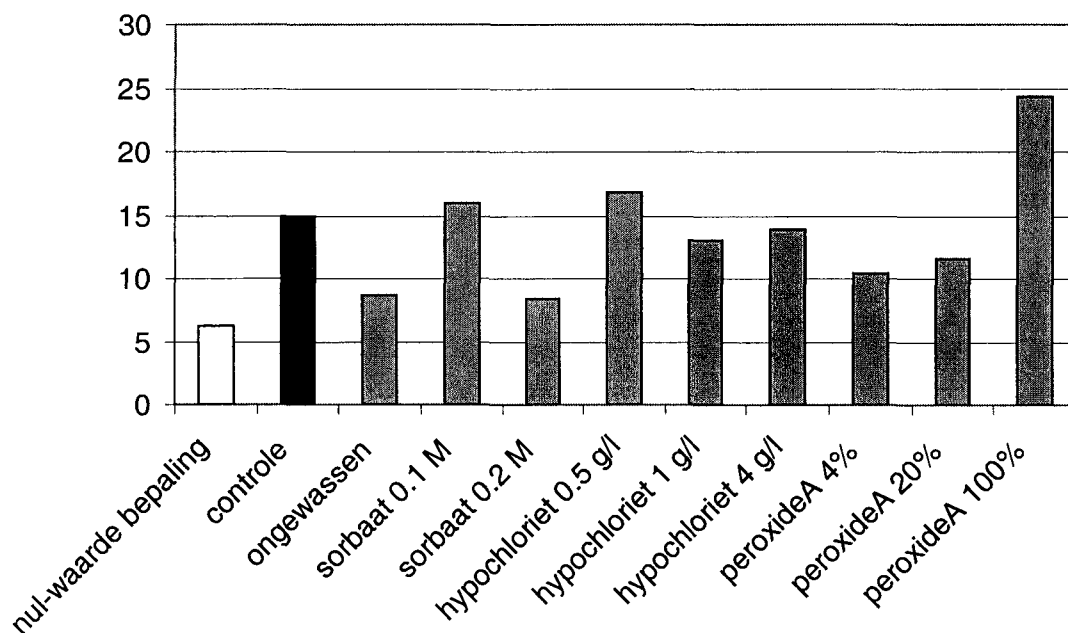
Gebruikte methode: sprayen

Opzet

Uit verkennende experimenten, die hier verder niet vermeld worden, blijkt dat oplossingen van sorbaat van 0.4M (60 g/l) en hogere concentraties geurafwijkingen aan de aardappelen geven. Daarom is ervoor gekozen om met de behandelingen niet hoger te gaan dan 0.2M. Voor hypochloriet-oplossing geldt iets dergelijks. Meer dan 5 g/l geeft een onaangename reuk en vlekken op de aardappelen. Experiment is uitgevoerd als beschreven onder 4.3.1.

Resultaat

Het resultaat van dit experiment staat grafisch uitgewerkt in figuur 4.3. De behandelingen met sorbaat 0.2 M en de ongewassen knollen zijn significant lager dan de onbehandelde controle. De behandeling met 100% peroxide A is veel hoger, maar dit is waarschijnlijk een effect van de hoge concentratie peroxide zelf. Peroxide heeft een blekend effect op de aardappelen en iets verbleekte plekken op de aardappel kunnen makkelijk worden aangezien als de zilvergrijze zilverschurftplekken. Alle andere behandelingen hebben geen significant effect ten opzichte van de controle.



Figuur 4.3. Resultaat van experiment I. De nul-waarde bepaling is de bepaling op het moment van behandelen. De controle is behandeld met water en net als overige behandelingen na drie weken uitgroei beoordeeld.

Conclusie

Behandelen met sorbaat (0.2 M) geeft een remmend effect te zien op de uitgroei van zilverschurftplekken. Ook het niet wassen van de aardappelen laat een mindere uitgroei zien ten opzichte van gewassen aardappelen.

4.3.3 Experiment II

Gebruikt ras: Santé 'de Eest' (Sa-Eest)

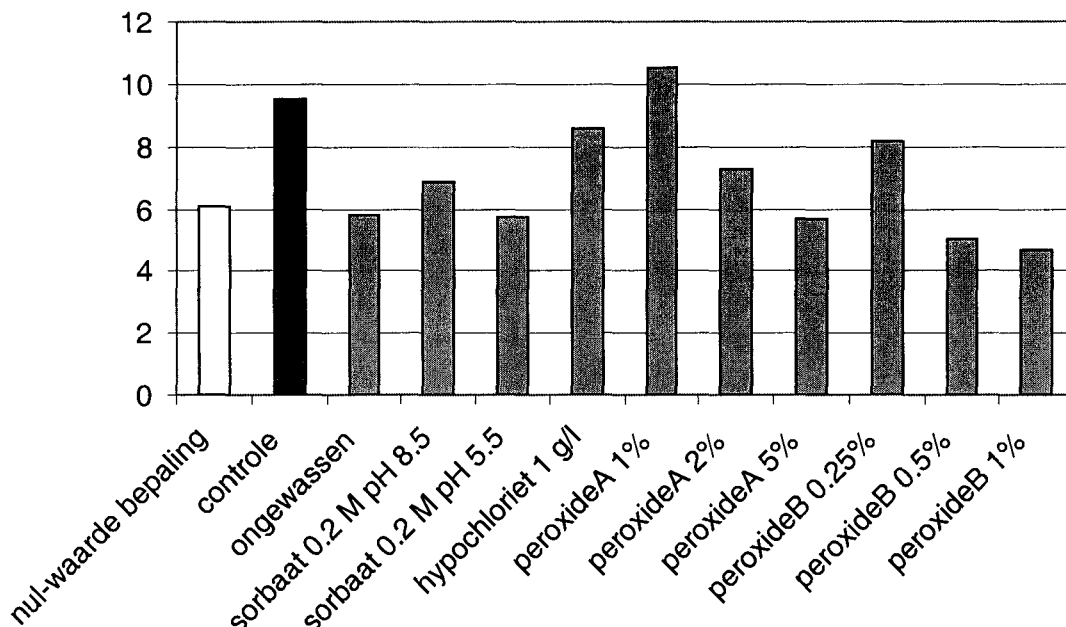
Behandelmethode: sprayen

Opzet

Gekozen is voor verschillende behandelingen met peroxide-middelen. Daarnaast worden twee formuleringen sorbaat meegenomen, een standaard sorbaat-oplossing (pH = 8.5) en een aangezuurde oplossing (pH = 5.5). Een verlaging van de pH zou de werkzaamheid van het middel positief beïnvloeden. Uitvoering van het experiment zoals beschreven in 4.3.1.

Resultaat

Figuur 4.4 laat het resultaat zien van dit behandelingsexperiment. Het uitgangsniveau voor aanvang van de behandelingen is index 6. Na drie weken uitgroei is de controle uitgegroeid tot index 9.5. Dit betekent dat de marge waarin de behandelingen beoordeeld moeten worden erg klein is (3.5 indexpunten). Na statistische interpretatie van de waarden blijkt dat de volgende behandelingen een significant lagere zilverschorft index hebben dan de controle: nul-waarde bepaling, ongewassen, peroxideA 5%, peroxideB 1% en 0.5% en sorbaat 0.2M pH5.5.



Figuur 4.4. Resultaat van experiment II. De nul-waarde bepaling is de bepaling op het moment van behandelen. De controle is behandeld met water en net als overige behandelingen na drie weken uitgroei beoordeeld.

Conclusie

De volgende behandelingen hebben een remmend effect op de uitgroei van zilverschorft na sprayen en drogen aan de lucht:

- peroxideA 5%
- peroxideB 0.5%
- peroxideB 1%
- sorbaat 0.2M pH 5.5

Ook het niet wassen van de aardappelen voor verpakken laat een mindere uitgroei zien ten opzichte van gewassen aardappelen.

4.3.4 Experiment III

Gebruikt ras: Bildtstar van 'de Eest' (Bi-Eest)

Gebruikte methode: sprayen

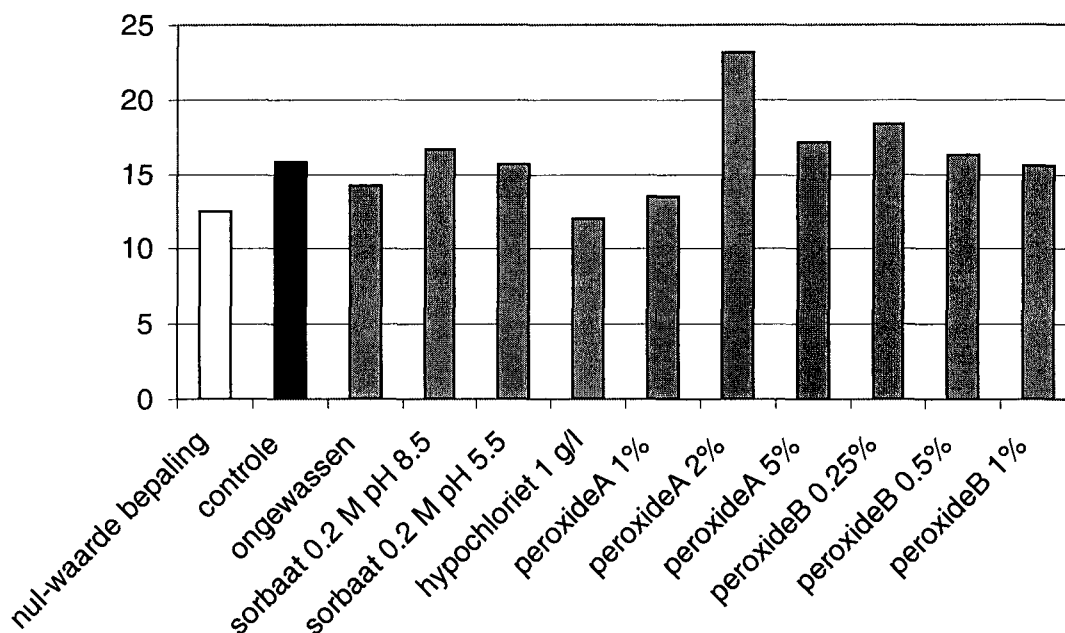
Opzet

De gekozen opzet en behandelingen zijn identiek aan die van Experiment II. Er is alleen een ander ras behandeld (Bildtstar in plaats van Santé)

Resultaat

De controle, drie weken uitgroei na behandeling met water, heeft een zilverschurft index van 16, waarbij de nul-waarde 12.5 is. Net als in experiment II is de marge klein (3.5 indexpunt). De resultaten zijn na statistische interpretatie, niet significant verschillend. Dit betekent dat voor alle behandelingen niet aantoonbaar gemaakt kan worden dat er een significante remming van de uitgroei van zilverschurft heeft plaatsgevonden.

Dit resultaat komt deels door de kleine marge waarin 'gemeten' moet worden (3.5 indexpunt). Een ander aspect is de grote spreiding die aanwezig is tussen de verschillende verpakkingen (zie ook bijlage 2).



Figuur 4.5. Resultaat van experiment III. De nul-waarde bepaling is de bepaling op het moment van behandelen. De controle is behandeld met water en net als overige behandelingen na drie weken uitgroei beoordeeld.

Conclusie

Er zijn geen behandelingen met een significant zilverschurft-remmend effect in dit experiment.

4.3.5 Experiment IV

Gebruikt ras: Bintje van 'de Eest' (Bi-Eest)

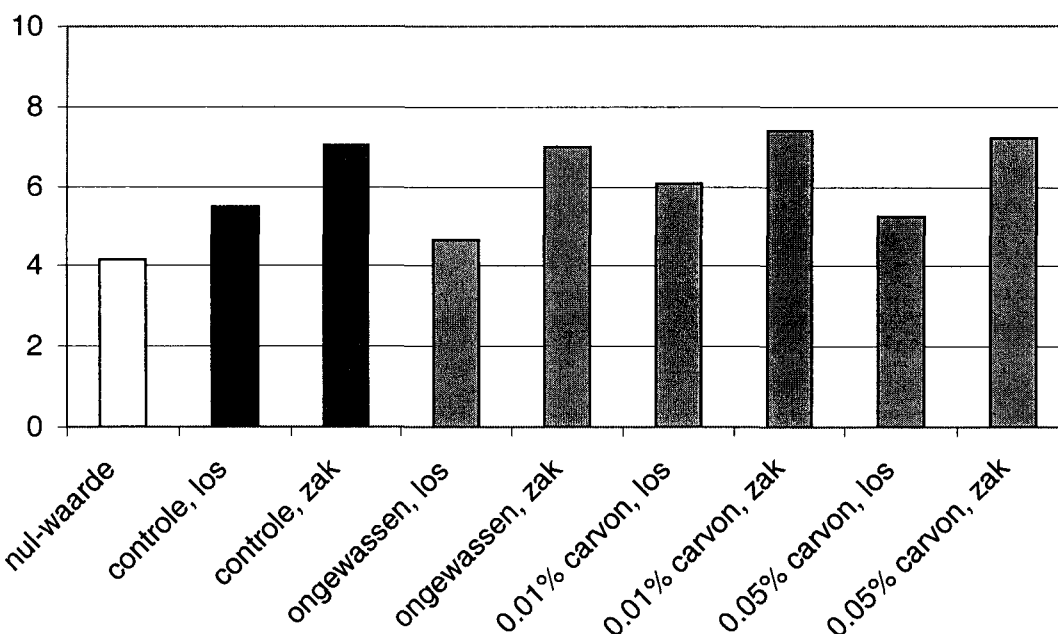
Gebruikte methode: dompelen

Opzet

Het idee achter dit experiment is om te onderzoeken of een kortdurende carvonpuls een zodanig effect heeft op zilverscurft, dat de groei enige tijd vertraagd wordt. De toediening gebeurde door dompeling van de aardappelen in een oplossing van carvon in water. De gebruikte concentraties waren 0.01% en 0.05%. Carvon lost slecht op in water, zodat bij 0.05% er carvon blijft drijven op het water. Er zijn twee dompeltijden gebruikt: 10 seconden en 120 seconden. De aardappelen werden na dompeling gedroogd aan de lucht. Een gedeelte werd verpakt in standaard geperforeerde zakken, een ander gedeelte los bewaard. Bewaring vond plaats bij winkelomstandigheden, 18°C en 90% RV.

Resultaat

Er werd geen significant verschil gevonden tussen de verschillende dompeltijden (data niet vermeld). Figuur 4.6 laat de resultaten zien. De uitgroei in drie weken is van index 4 naar 5.5 voor los, niet verpakt materiaal. Voor verpakt materiaal (in standaard geperforeerde zakken) loopt de index op naar 7. Los opgeslagen aardappelen hebben een significant lagere index dan verpakte aardappelen. Er zijn geen significante verschillen tussen de verschillende carvon-behandelingen.



Figuur 4.6. Resultaat van experiment IV. De nul-waarde bepaling is de bepaling op het moment van behandelen. De controles zijn behandeld met water en net als overige behandelingen na drie weken uitgroei beoordeeld.

Conclusie

Dompelen in carvon-oplossing remt de groei van zilverscurft plekken niet significant. Zilverscurft groeit harder in de verpakking dan niet verpakt.

4.3.6 Experiment V

Gebruikt ras: Santé en Bildtstar van 'de Eest' (Sa-Eest en Bi-Eest)

Behandelmethode: sprayen

Opzet

Met behulp van een digitale camera is de ontwikkeling van zilverschurft op aardappelen met verschillende behandelingen gevolgd. Voor dit experiment zijn de aardappelen behandeld met verschillende waswater-additieven. Digitale foto's zijn gemaakt direct na behandelen, na 1 week en na 2 weken uitgroei. De aardappelen zijn bewaard bij 18°C en hoge RV (>95%).

Resultaat

Tabel 4.2 geeft een overzicht van de verschillende behandelingen met de mate van sporevorming in een schaal van 0 tot 4 (0=geen spore, 4= veel sporen). Alleen de behandelingen met sorbaat laten een verhindering zien van sporulatie van *H.solani* onder de experimentele omstandigheden (figuur 11). Alle andere behandelingen laten een kleine reductie zien (hypochloriet) of geen zichtbare reductie. Het is op de digitale afbeeldingen niet duidelijk te zien of ook de mate van bedekking geremd wordt.

Tabel 4.2. Overzicht van de verschillende behandelingen en mate van sporulatie na 1 en 2 weken.

Sporulatie	Na 1 week		Na 2 weken	
	Santé	Bildtstar	Santé	Bildtstar
onbehandeld	3	3	3	3
sorbaat 0.2M pH 8.5	0	0	0	0
sorbaat 0.2M pH 5.5	0	0	0	0
hypochloriet 1 g/l	2	2	2	1
peroxideA 1%	2	1	2	3
peroxideA 2%	1	1	3	2
peroxideA 5%	2	2	2	2
peroxideB 0.25%	3	3	3	3
peroxideB 0.5%	2	2	3	2
peroxideB 1%	1	2	2	3
onbehandeld	3	3	4	4
onbehandeld	3	2	4	3



Figuur 4.7. Voorbeeld van ontstaan van sporulatie bij zilverschurft. Links een knol met plekken zilverschurft, na wassen zodat sporen zijn verwijderd. Rechts dezelfde knol na twee weken uitgroei bij 18°C en hoge RV. Duidelijk is het ontstaan van sporen te zien, met name aan de randen van de zilverschurftplekken.

Conclusie

Behandeling met kaliumsorbaat door sprayen van de knollen met een 0.2 M sorbaat-oplossing remt de sporulatie van op de aardappelschil aanwezige zilverschurftplekken gedurende minstens twee weken onder de experimentele omstandigheden (18°C en een hoge RV).

4.3.7 Experiment VI

Gebruikt ras: Santé (Sa-Extra2)

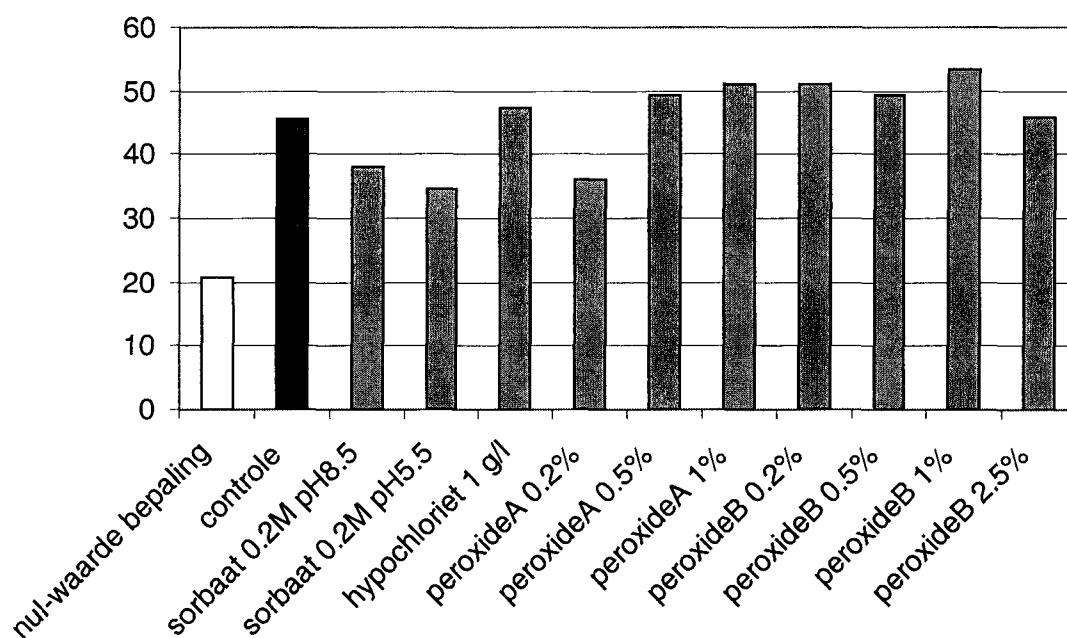
Behandelmethode: sprayen

Opzet

Voor dit experiment is een andere opzet gekozen. Een probleem is de grote variatie in beginbesmetting van de aardappelen. Dit levert veel 'ruis' op in de bepalingen. Er is hier voor gekozen om vooraf de aardappelen in klassen in te delen en per behandeling telkens 15 knollen met dezelfde totale zilverschurft-index te gebruiken. Een ander probleem is de slechte groei van de zilverschurft-plekken van de partijen op ATO. Voor dit experiment is een partij gebruikt niet afkomstig van 'de Eest' of bewaard op ATO.

Resultaat

Resultaat van de diverse behandelingen staan grafisch weergegeven in figuur 4.8. De nulwaarde heeft een index van ± 20 , na drie weken is de controle gegroeid tot 45. Van de verschillende behandelingen zijn de twee behandelingen met sorbaat en de behandeling met 0.2% peroxideA significant lager dan de controle (waterbehandeld). Een hogere dosis peroxideA heeft geen effect op de ontwikkeling van de zilverschurftplekken.



Figuur 4.8. Resultaat van experiment VI. De nul-waarde bepaling is de bepaling op het moment van behandelen. De controle is behandeld met water en net als overige behandelingen na drie weken uitgroei beoordeeld.

Conclusie

Behandeling met 0.2M sorbaat, zowel pH 5.5 als 8.5, heeft een remmend effect op de ontwikkeling van zilverschurft in de verpakking. Ook een behandeling met 0.2% peroxideA heeft een remmend effect, waar hogere doses geen significant effect laten zien.

Experiment VII

Gebruikt ras: Bintje (Bi-Extra1)

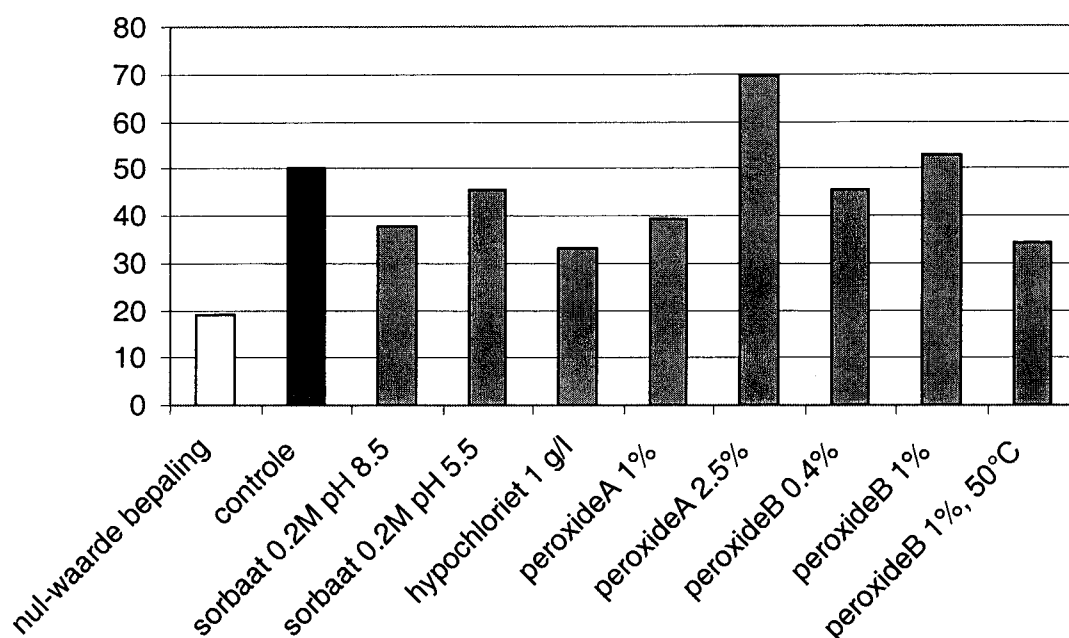
Behandelmethode: dompelen

Opzet

Aardappelen zijn na wassen geselecteerd op klasse. Voor iedere behandeling is een identiek besmette partij uitgezocht, zodat er geen spreiding zit in de nul-waarde bepaling.

Aardappelen werden gedurende 60 seconden gedompeld in de desbetreffende oplossing.

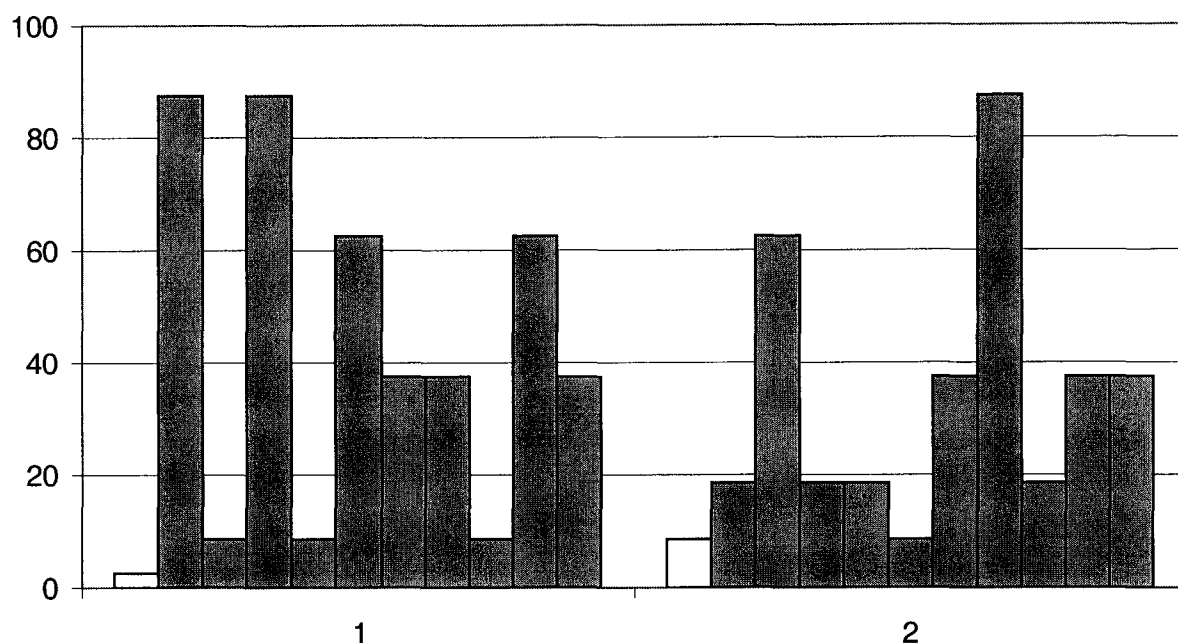
Na verpakken vond beoordeling op zilverschurft plaats na 1 week, 2 weken en 3 weken winkelsimulatie.



Figuur 4.9. Resultaat van experiment VII. De nul-waarde bepaling is de bepaling op het moment van behandelen. De controle is behandeld met water en net als overige behandelingen na drie weken uitgroei beoordeeld.

Resultaat

Figuur 4.9 laat zien dat de gemiddelde toename van de zilverschurft-index meer is dan voorheen. De nul-waarde is 19, na drie weken uitgroei is de index 50. De toename van de zilverschurft is ook per individuele knol bekeken. Vooraf zijn de knollen geselecteerd op klasse, zodat de begin-samenstelling van iedere behandeling gelijk was. Na 1, 2 en 3 weken volgde een beoordeling van de individuele, genummerde knollen (resultaten niet getoond). Zowel de beoordelingen na 1, 2 als na 3 weken laten echter geen significante reductie zien van behandelingen ten opzichte van met water behandeld (controle). Dit is een onverwacht resultaat, omdat er in dit experiment voldoende toename van de index is en de knollen vooraf geselecteerd en ingedeeld zijn. Een verklaring is dat de index-toename per knol behoorlijk kan variëren (zie figuur 4.10). De oorzaak van deze variatie in uitgroei per knol is niet duidelijk. Een andere verklaring is dat deze proef kleinschalig (weinig herhalingen) is uitgevoerd door ontbreken van geschikte aardappelen aan het eind van het seizoen.



Figuur 4.10. Voorbeeld van de verschillende uitgroei van zilverschurft op verschillende knollen met dezelfde initiële besmetting. Alle knollen onder 1 hebben een begin-index (lichte balk) van 2.5 (klasse II). Na twee weken uitgroei zijn er grote verschillen in index variërend van 8.75 (klasse III) tot 87.5 (klasse VII) (donkere balken). Bij 2 is eenzelfde effect te zien (begin-index = 8.75).

Conclusie

Uitgroei van zilverschurft-plekken op knollen kan bij identieke omstandigheden tussen verschillende knollen aanzienlijk variëren.

4.4 Conclusies en discussie

- Er is geen aantoonbaar verschil tussen sprayen van de aardappelen en dompelen van de aardappelen op de effectiviteit van de getoetste middelen.
- Een oplossing van 0.2M kaliumsorbaat (30 g/l) verneveld over aardappelen is in staat om sporulatie van bestaande zilverschurftplekken te remmen.
- Van alle getoetste middelen is kaliumsorbaat de meest effectieve tegen uitgroei van bestaande zilverschurftplekken in de verpakking. Echter, een werking tegen zilverschurft-uitgroei op Bildtstar kon niet worden aangetoond.
- Het niet wassen van aardappelen heeft een mindere uitgroei van zilverschurft-plekken in de verpakking tot gevolg ten opzichte van gewassen aardappelen.
- Dompeling in een carvon-water oplossing (carvonpuls behandeling) heeft geen aantoonbaar effect in remming van zilverschurft ten opzichte van behandeling met water alleen.

5 Toepassen van een consumentenverpakking met een gereguleerd afgiftesysteem voor carvon

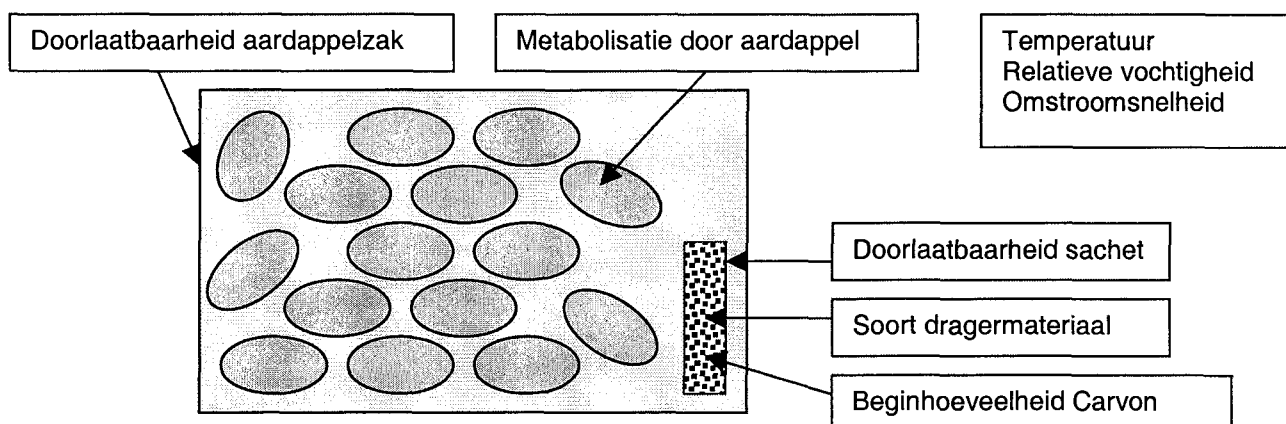
5.1 Inleiding

Door consumentenverpakkingen voor aardappelen uit te rusten met een gereguleerd afgiftesysteem voor carvon, opdat er binnen de verpakking een min of meer constante concentratie carvon wordt verwezenlijkt, zou de uitgroei van zilverschurft in de verpakking gedurende distributie, winkeluitstalling en opslag bij de consument kunnen worden geremd. Deze verwachting is gebaseerd op de succesvolle verkenning van verleden jaar met zetmeel gebaseerde afgiftesystemen. Hieraan wordt in dit deelproject verder gewerkt. Bij het ontwerp van deze actieve verpakking zijn drie randvoorwaarden van belang:

- De concentratie carvon binnen de verpakking moet dusdanig hoog zijn opdat de uitgroei van zilverschurft wordt geremd. Volgens geraadpleegde experts dient de concentratie groter te zijn dan 30 $\mu\text{g/L}$.
- De concentratie carvon buiten de verpakking en na opening moet dusdanig laag zijn dat consumenten het niet opmerken of niet als storend ervaren.
- De verpakking moet voldoen aan de Nederlandse en Europese wetgeving. Hierbij is in het bijzonder de zogenoemde 'overall migratielimit' OML van 60 mg/kg d.s. van belang. Verpakkingen mogen namelijk niet meer dan 60 mg materiaal toevoegen aan 1 kilo verpakt levensmiddel. Momenteel vindt er binnen de Europese SCF (Scientific Committee for Food) discussie plaats of deze algemene voorwaarde ook voor actieve verpakkingen moet gelden. Deze discussie heeft nog geen resultaat gehad, maar verwacht wordt dat deze voorwaarde voor actieve verpakkingen wordt versoepeld. Zodoende wordt deze voorwaarde niet bij het verdere werk betrokken.

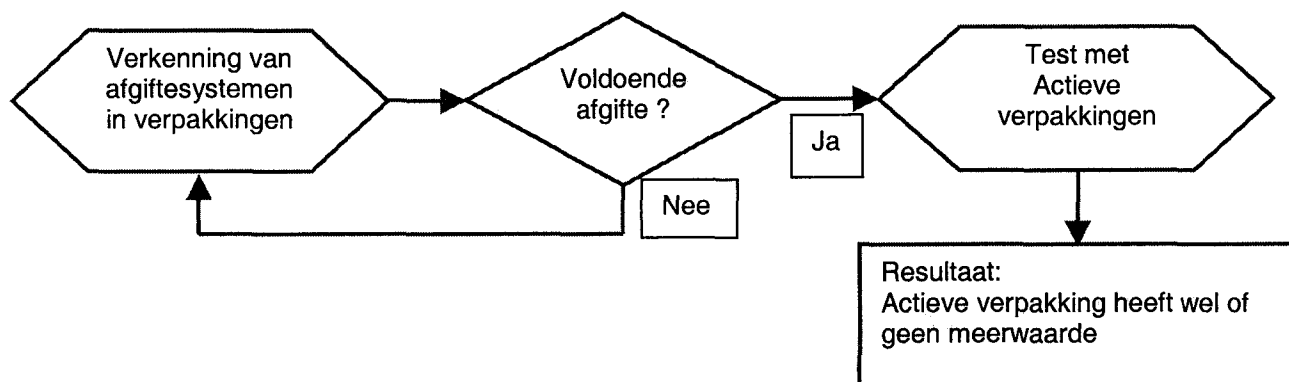
Aangezien de evenwichts-dampspanning van carvon bij kamertemperatuur ongeveer 300 $\mu\text{g/L}$ bedraagt, dient de verdamping van deze stof te worden gereguleerd (lees: vertraagd) om het gewenste niveau circa 30-40 $\mu\text{g/L}$ te bereiken. Hiervoor bestaan verschillende tactieken:

- Carvon insluiten in een sachet met een beperkte doorlaatbaarheid,
- Carvon mengen met een dragermateriaal dat carvon redelijk goed bindt,



Figuur 5.1. Parameters die het concentratieniveau van carvon binnen de aardappelzak beïnvloeden.

Het is onmogelijk om vooraf te voorspellen in welke constructie van afgiftesysteem en aardappelzak de juiste concentratie carvon zich zal ontwikkelen, omdat te veel parameters hieraan bijdragen, zie figuur 5.1. Zodoende zal er eerst een brede verkenning van alle mogelijke afgiftesystemen worden uitgevoerd. Met afgiftesystemen die de juiste concentraties verwezenlijken zal vervolgens een verpakkingstest worden uitgevoerd. Hierbij zal als belangrijkste kwaliteitskenmerk van de aardappelen de zilverschurftindex worden bepaald. De gekozen aanpak is schematisch weergegeven in figuur 5.2.



Figuur 5.2. Schematische weergave van de gekozen aanpak.

5.2 Materiaal en methoden

De verkenningen van afgiftesystemen werden uitgevoerd door het afgiftesysteem met plakband aan de binnenkant van de aardappelzak te bevestigen, de zak te vullen met 15 Santé (Sa-Eest) aardappelen (ca. 15 kg), de zak te sluiten met een las en de zak neer te leggen met het afgiftesysteem naar boven opdat het de aardappels niet raakt.

Als aardappelzakken werden aanvankelijk standaard roodbruine LDPE zakken gebruikt waarin geen of één macroporatie (1 cm diameter) was aangebracht. Later werden tevens heldere, gemicroperforeerde PP-zakken van Danisco flexiblen (MA 160) gebruikt, met een vergelijkbare grootte van 24 x 40 cm.

De gevulde aardappelzakken werden gedurende twee weken gevolgd bij 12°C (latere verkenningen bij 18°C). Op verschillende momenten werden er met een injectiespuit luchtmonsters van 5 ml uit de zak getrokken en op een Tenax-buis gespoten. Deze Tenax-buis werd vervolgens met een automatische desorptie-gaschromatograaf geanalyseerd op de concentratie carvon. De meetfout bedraagt ca. 2-4 µg/L.

Daarnaast werden enkele andere metingen verricht:

- De aardappelen werden gewogen voor en na de proef,
- Het afgiftesysteem werd gewogen voor en na de proef,
- De geur bij opening werd subjectief beoordeeld op een schaal van 0 t/m 5.

Bij de laatste verkenning werd tevens de zilverschurftindex bepaald. Hiertoe werd van tevoren de gewassen Santé aardappelen (Sa-Eest) gesorteerd op zilverschurftindex per zak om dezelfde beginbesmetting te krijgen. Deze aardappelen waren allemaal genummerd, zodat van elke aardappel de beginbesmetting en de eindbesmetting bekend was.

De verpakkingstest werd uitgevoerd met het eenvoudigste, goed functionerende afgiftesysteem. De proefopzet was zo gekozen dat de eventuele verschillen tussen de actieve verpakking (met afgiftesysteem) en de referentieverpakking (zonder afgiftesysteem) zo duidelijk mogelijk worden gemaakt. Derhalve werd alles in vijfvoud met elkaar vergeleken. Er werden twee soorten gewassen aardappelen gebruikt: Santé en Bildstar (Sa-Eest en Bs-Eest).

Bij de beoordeling lag de nadruk op de bepaling van de zilverschurftindex. Vooraf en na afloop van de proef werd de zilverschurftindex van alle aardappelen afzonderlijk bepaald. Bovendien werden vooraf de aardappelen per zak gesorteerd op zilverschurftindex, zodat elke zak dezelfde beginbesmetting bezat.

Bij deze verpakkingsproef werden heldere, gemicroperforeerde PP-zakken van Danisco flexibles (MA160) gebruikt.

Het gebruikte carvon was een karwijzaadolie-destillaat afkomstig van Erven Koomen BV uit Middelmeer (NH). Dit product was 95 % zuiver en bevatte een kleine verontreiniging van D-Limoneen.

Diverse afgiftesystemen werden vervaardigd op basis van sachets gevuld met dragermateriaal of geperste pillen.

De sachetsystemen werden gemaakt door carvon te mengen met fijn dragermateriaal (polymeerpoeder of anorganische poeders), open sachets met deze mengsels af te vullen en de sachets te sluiten door middel van een las. De gebruikte sachetmaterialen waren: Tyvek van Dupont (een non-woven van polyolefines), LDPE (23 µm dik), OPP met een PVDC coating en papier. De sachets waren vierkant van vorm met een zijde van 7,5 cm. Als dragermateriaal is getest: silica gel (Si gel), polyacrylzuur poeder (PAC), poly(ethyleen-co-vinyl acetaat) met 40 % vinyl acetaat (EVA), polyvinyl chloride poeder (PVC), paraffine was (PFW), diatomeeënaarde (DAA) en kieselgur (KG).

De pilsystemen door het carvon te mengen met een fijn polymeerpoeder en dit mengsel in een pillenpers te persen bij 10 ton. De gemaakte pillen waren schijfvormig en hadden een doorsnede van 1 cm en een dikte 3 mm. De gebruikte polymeerpoeders waren poly(ethyleenglycol)-8000 (PEG) en poly(vinyl chloride) (PVC). De zetmeelsystemen werden vervaardigd volgens een ATO procédé en bestond uit een uitgeharde emulsie van zetmeel, carvon en oppervlakte actieve stof.

5.3 Resultaten

Er zijn meerdere verkenningen van afgiftesystemen uitgevoerd en een verpakkingsproef. De resultaten van de verkenningen zijn samengevat in paragraaf 5.3.1. De resultaten van de verpakkingsproef worden apart behandeld in de navolgende paragraaf.

5.3.1 Verkenning van de afgiftesystemen

De eerste verkenning werd uitgevoerd met enkele pil- en sachetafgiftesystemen gemaakt van willekeurig gekozen materialen. Er werden twee soorten roodbruine standaard LDPE aardappelzakken gebruikt met 0 en 1 gat. De resultaten van deze verkenning zijn samengevat in tabel 5.1.

De eerste serie afgiftesystemen bleek niet te voldoen; er werd veel te weinig carvon afgegeven (ca. 1 à 2 µg/L na een etmaal en minder dan 1 µg/L na zes dagen). Ook de zetmeelsystemen die in de voorafgaande verkenning succesvol waren, gaven te weinig carvon af.

Opmerkelijkwijs werd er geen verband gevonden tussen het al of niet aanwezig zijn van een gat in de aardappelzak en de carvonconcentratie binnen de zak. Verwacht werd dat de concentratie in de gesloten zak hoger zou zijn dan in de zak met één gat. Dat dit verband niet gevonden werd, bevestigt de te geringe afgifte van de systemen. Bovendien bleek de gemeten waarde voor de geur bij opening niet te correleren met de bepaalde carvonconcentratie. Zodoende werd besloten dit voorlopig niet meer te meten.

Tabel 5.1. Resultaten van de eerste verkenning, uitgevoerd voor twee weken bij 12°C met twee soorten aardappelzakken met 0 of 1 gat. Van de afgiftesystemen staat vermeld, het soort, de samenstelling van de vulling en het vulgewicht tussen haakjes.

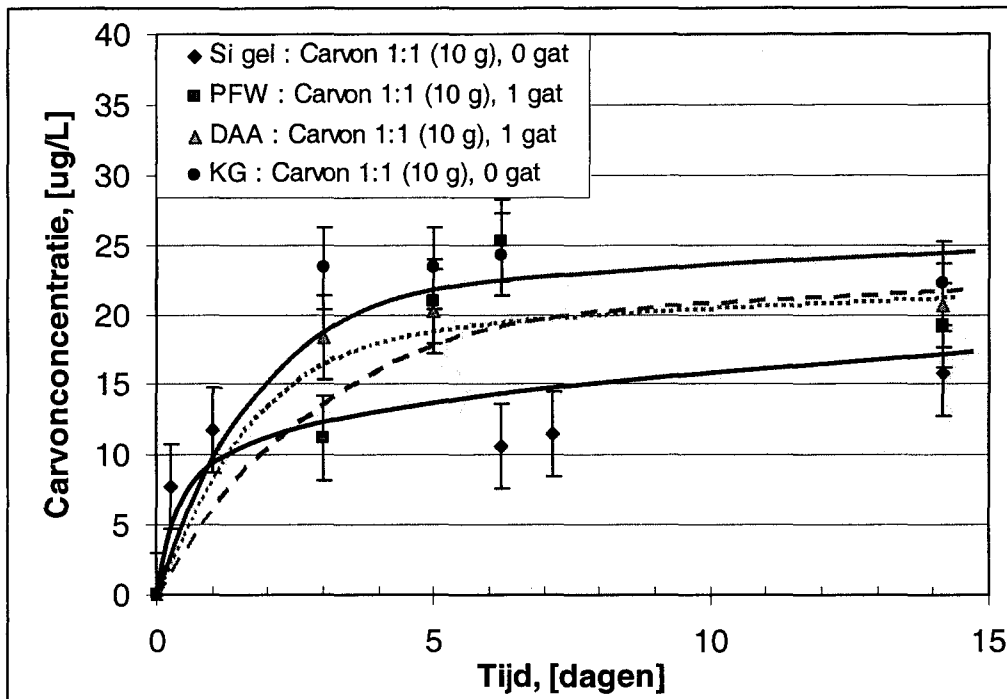
Afgiftesysteem	Zak	Carvonconcentratie in de zak, [µg/L]		Geur bij opening, [0-5]
		Na 24 uur	Na 144 uur	
Pil, PEG : Carvon 9:1	0	1.8	0.5	0
	1	1.6	2.1	2
Pil, PVC : Carvon 9:1	0	1.4	0.4	2
	1	1.4	0.1	1
Pil, PEG : Carvon 4:1	0	3.2	0.1	0
	1	1.6	1.3	1
Sachet, Tyvek, Si-gel : Carvon 9:1 (1 g)	0	1.3	1.1	3
	1	2.2	0.8	3
Sachet, Tyvek, PAC : Carvon 9:1 (1 g)	0	1.8	0.2	0
	1	6.6	0.2	0
Sachet, Tyvek, EVA : Carvon 9:1 (1 g)	0	2.2	0.2	0
	1	1.9	0.2	0
Sachet, LDPE, EVA : Carvon 9:1 (1 g)	0	1.6	0.3	1
	1	1.5	0.1	1
Sachet, OPP, EVA : Carvon 9:1 (1 g)	0	1.4	0.1	1
	1	1.3	0.3	1
Zetmeel emulsie, carvon	1	1.9	2.2	2
	3	1.5	1.2	2

Vervolgens werd een tweede serie afgiftesystemen vervaardigd. Hierbij werd alleen nog het sachetsysteem gebruikt, aangezien hiermee eenvoudiger kan worden gevarieerd. Er werd gevarieerd in het soort dragermateriaal, het soort sachet materiaal en de totale hoeveelheid vulgewicht. De resultaten van deze tweede verkenning zijn samengevat in tabel 5.2.

Tabel 5.2. Resultaten van de tweede verkenning, uitgevoerd voor twee weken bij 12°C met twee soorten aardappelzakken met 0 of 1 gat. Van de afgiftesystemen staat vermeld, het soort, de samenstelling van de vulling en het vulgewicht tussen haakjes.

Afgiftesysteem	Zak	Carvonconcentratie en meettijd			
		[µg /L]	[uur]	[µg /L]	[uur]
Sachet, OPP, EVA : Carvon 2:1 (5 g)	0	0.4	37	0.2	158
	1	0.6	37	0.3	158
Sachet, OPP, EVA : Carvon 1:1 (8 g)	0	0.4	37	0.7	158
	1	0.3	37	0.2	158
Sachet, OPP, PVC : Carvon 1:1 (10 g)	0	0.4	37	1.4	158
	1	0.5	37	0.3	158
Sachet, Tyvek, Si gel : Carvon 1:1 (10 g)	0	7.8	6	11.7	24
	1	6.7	6	4.2	24
Sachet, Tyvek, PFW : Carvon 1:1 (10 g)	0	4.1	72	19.7	120
	1	11.2	72	20.9	120
Sachet, Tyvek, DAA : Carvon 1:1 (10 g)	0	2.6	72	3.7	120
	1	18.3	72	20.2	120
Sachet, Tyvek, KG : Carvon 1:1 (10 g)	0	2.4	72	23.3	120
	1	5.6	72	6.7	120

Uit deze resultaten bleek dat er carvonconcentraties van rond de 20 $\mu\text{g/L}$ in de aardappelzakken kunnen worden gerealiseerd met een hoog doorlatend sachetmateriaal (Tyvek) en met een groot afvulgewicht. Met een weinig doorlatend sachetmateriaal (PVDC gecoat OPP) blijft de carvonconcentratie onder de 1 $\mu\text{g/L}$. Tussen de verschillende dragermaterialen en aardappelzakken kon geen duidelijk verschil worden gevonden. Dit werd veroorzaakt door de grote spreiding in meetwaarden welke inherent is aan dergelijke metingen. Van enkele afgiftesystemen werden meer carvonmetingen in de tijd verricht, zie figuur 5.3.



Figuur 5.3. Afgiftepatronen van vier verschillende afgiftesystemen bestaande uit Tyvek sachets met genoemde inhoud. De getrokken lijnen geven een indicatief beeld van het afgiftepatroon.

Uit deze metingen bleek dat al deze afgiftesystemen na 4 dagen carvonconcentraties van 12 – 22 $\mu\text{g/L}$ verwezenlijken in de aardappelzakken. Hierbij leek Silica gel iets minder carvon af te geven dan de andere dragermaterialen. Ondanks dat deze concentraties veel hoger waren dan in de eerste verkenning, wordt de doelstelling hiermee nog niet verwezenlijkt. Daarnaast werd er wederom geen verband gevonden tussen de gemeten carvonconcentraties in de kopruimte en het aantal gaten in de aardappelzak.

Samengevat:

- Afgiftesystemen met een hoog doorlatend sachet en 5 gram carvon inhoud voldoen bijna,
- De standaard rood bruine, gemacroporeerde aardappelzakken van LDPE lijkt niet geschikt aangezien deze te doorlatend zijn.

Hierna werd een derde verkenning uitgevoerd met minder doorlatende aardappelzakken (gemicroperforeerd OPP MA160), hoog doorlatende sachetmaterialen (Tyvek en papier) en meer carvon in de afgiftesystemen. De resultaten van deze derde verkenning zijn samengevat in tabel 5.3.

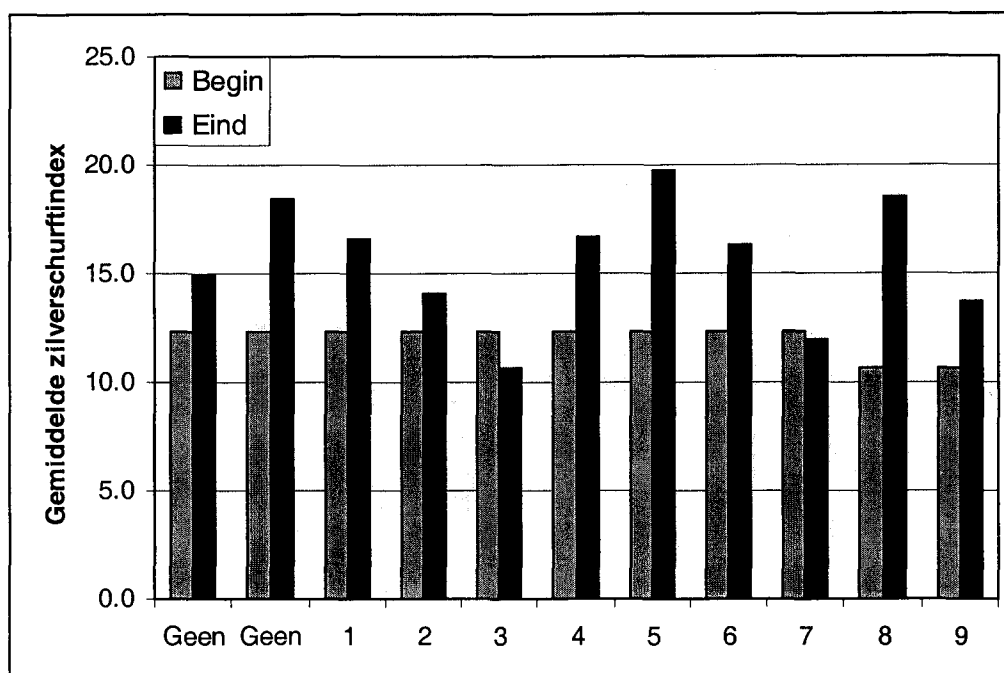
Tabel 5.3. Resultaten van de derde verkenning, uitgevoerd voor twee weken bij 18°C met aardappelzakken gemaakt van gemicroperforeerd OPP folie (MA160). Van de sachet-afgiftesystemen staat vermeld, het sachetmateriaal, de samenstelling van de vulling en het vulgewicht tussen haakjes. Verder werd bepaald de geur bij opening [0-5] en de gewichtsafname van de afgiftesystemen. Nummers zijn toegevoegd om een snelle vergelijking met figuur 5.4 mogelijk te maken.

Afgiftesysteem	Carvonconcentratie, [µg/L]			Geur bij opening. [0-5]	Gew. A.S. [g]
	Na 3 dagen	Na 6 dagen	Na 10 dagen		
1, Tyvek, PFW : Carvon 1:2 (2 g)	28.2	36.2	33.8	4	0.4
2, Papier, PFW : Carvon 1:2 (2 g)	28.6	42.7	39.4	4	0.0
3, Tyvek, PFW : Carvon 1:2 (6 g)	22.1	35.2	36.3	3	0.1
4, Papier, PFW : Carvon 1:2 (6 g)	29.5	34.9	39.5	3	0.1
5, Tyvek, DAA : Carvon 1:2 (3 g)	24.7	33.0	37.9	3	0.2
6, Tyvek, DAA : Carvon 1:2 (9 g)	31.5	37.6	30.0	3	1.1
7, Tyvek, DAA : Carvon 1:2 (15 g)	28.0	36.3	35.7	3	0.5
8, Tyvek, Si gel : Carvon 1:2 (10 g)	32.4	30.6	37.0	3	0.0
9, LDPE, geen, Carvon (4 g)	32.1	28.4	46.8	3	0.3

Direct duidelijk is dat de carvonconcentraties zich nu wel in het gewenste doelbereik (30-50 µg/L) bevinden. Tevens is duidelijk dat het totale afvulgewicht, de aard van het dragermateriaal en de soort sachetmateriaal weinig invloed hebben op de carvonconcentratie binnen de verpakking. Dus de hogere carvonconcentraties in de kopruimte worden waarschijnlijk veroorzaakt door: de dichtere aardappelzak, de hogere temperatuur en lagere verhouding dragermateriaal: carvon. De geur bij opening van de verpakkingen is in alle gevallen hoog en in feite onacceptabel voor consumenten.

In de gewichtsafname van de afgiftesystemen kon geen duidelijke trend worden waargenomen, waarschijnlijk wordt de geringe gewichtsafname die door het verdampen van carvon wordt veroorzaakt in sommige gevallen overschaduwd door vochtabsorptie.

Behalve deze kenmerken van de verpakking en het afgiftesysteem werd gedurende deze derde verkenning ook de zilverschurftindex bepaald van de gewassen Santé aardappelen voor en na de proef. Voorafgaand aan deze proef waren de aardappelen gesorteerd op zilverschurft besmetting, opdat elke zak een vergelijkbare beginbesmetting bezat. De resultaten van deze zilverschurftindex metingen zijn grafisch weergegeven in figuur 5.4.



Figuur 5.4. De gemeten zilverschurft-indexen van de gewassen Santé aardappelen voor en na afloop van de verkennende verpakkingproef met afgiftesystemen. De nummers onderaan verwijzen naar de nummers van de afgiftesystemen zoals gegeven in tabel 5. "Geen" betekent dat deze verpakking geen afgiftesysteem had.

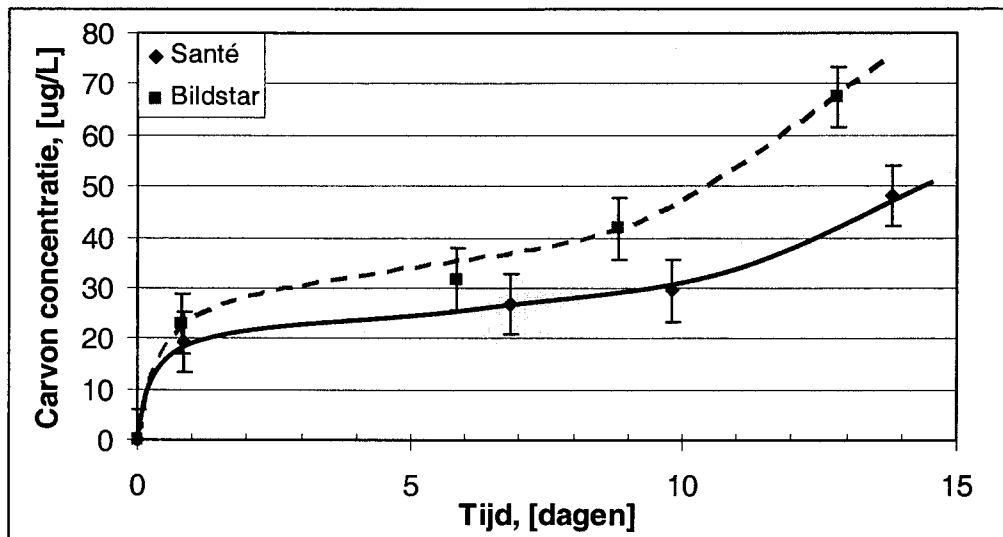
Beide referentieverpakkingen laten nogal verschillend uitgroei gedrag zien van zilverschurft. Bij de ene referentieverpakking neemt de zilverschurftindex toe van 12,3 naar 14,9, bij de andere is dat van 12,3 naar 18,4. Zodoende is de spreiding in de eindwaarde van de zilverschurftindex voor de referentieverpakkingen vrij groot 17 ± 2 . De eindwaarden van de zilverschurftindex voor de actieve verpakkingen vallen grotendeels binnen dit spreidingsgebied (gemiddeld 15 ± 3). Hierdoor kan er op basis van deze resultaten geen uitspraak worden gedaan over de effectiviteit van deze actieve verpakkingen in de remming van zilverschurft. Hiervoor is een andere proefopzet nodig om de significantie van de kleine verschillen betrouwbaar te maken.

Samengevat:

- Met minder doorlatende aardappelzakken (gemicroperforeerd OPP) kunnen de gewenste doelconcentraties worden bereikt.
- De aard van het sachetmateriaal (Tyvek of papier), het dragermateriaal en het vulgewicht met carvon zijn weinig relevant in vergelijking met de aard van de aardappelzak.
- Uit een verkennende meting van de zilverschurft-indexen bleek dat de verschillen tussen de actieve verpakkingen en de referentieverpakkingen klein zijn en de spreiding groot is.

5.3.2 Verpakkingsproef

De verpakingsproef werd uitgevoerd met Santé en Bildstar (Sa-Extra1 en Bs-Eest) bij 18°C gedurende twee weken. Van beide soorten aardappel werden vijf referentieverpakkingen en vijf verpakkingen met het eenvoudigste, goedwerkende afgiftesysteem (nummer 9 in tabel 5.3) ingezet. Alle verpakkingen bezaten vijftien op zilverschuif besmetting gesorteerde aardappelen, zodat de beginbesmetting van alle zakken gelijk was.



Figuur 5.5. De gemiddelde carvonconcentraties ($n=5$) in de aardappelzakken in de tijd bij 18°C.

De gemiddelde carvonconcentraties in de tijd gemeten in de aardappelzakken staan grafisch weergegeven in figuur 5.5. De andere resultaten zijn samengevat in tabel 5.4.

Tabel 5.4. De resultaten van de verpakingsproef met gewassen Santé en Bildstar aardappelen in gemicroperforeerde OPP zakken. De helft van de aardappelzakken was uitgerust met een carvon afgiftesysteem bestaande uit een sachet van LDPE en 4 gram carvon als inhoud. Vermeld staan de gemeten zilverschuif-indexen, de geur bij opening, de gewichtsafname van de totale zak en de gewichtsafname van het afgiftesysteem.

Ras	Afgiftesysteem	Zilverschuif-index begin	Zilverschuif-index eind	Geur bij openen [0-5]	Totale gew.-afname [g]	Gew. Afname A.S. [g]
Santé	Geen	21 ± 3	29 ± 5	4	1.72 ± 0.08	-
Santé	LDPE, 4 g Carvon	21 ± 3	25 ± 4	4	2.78 ± 0.13	0.25 ± 0.02
Bildstar	Geen	9 ± 2	13 ± 3	4	1.3 ± 0.1	-
Bildstar	LDPE, 4 g Carvon	9 ± 2	12 ± 2	4	2.3 ± 0.2	0.3 ± 0.2

Deze resultaten kunnen niet bewijzen dat de actieve verpakking de uitgroei van zilverschuif remt, aangezien het waargenomen effect binnen de spreiding in uitgroei van de referentieverpakkingen valt. Voor Bildstar kan er in zijn geheel effect worden aangetoond, voor Santé aardappelen is dit wel waarschijnlijk maar niet vastgesteld.

Kortom er zijn actieve verpakkingen ontwikkeld die carvon gereguleerd afgeven met het juiste concentratiebereik in de kopruimte om in theorie zilverschuif te remmen. Echter deze

remming kon in werkelijkheid niet worden bewezen. Het zal mogelijk zijn om met een groter afgiftesysteem nog hogere concentraties carvon binnen de kopruimte van de verpakking te realiseren. Echter dit is niet zinvol, aangezien de geur bij opening zo fors is, dat niet verwacht kan worden dat consumenten dergelijke actieve verpakkingen accepteren.

Bij wijze van controle werd de gassamenstelling binnen de actieve verpakkingen met Santé aardappelen gemeten. De gemiddelde gassamenstelling na 2 weken bij 18°C bedroeg 9 ± 1 % koolzuur, 13 ± 1 % zuurstof en 77 % stikstof. De gewijzigde gassamenstelling is het gevolg van de gebruikte aardappelzak (MA160), die minder gas doorlaat dan de standaard macrogeperforeerde rood bruine LDPE zakken en de respiratie van de aardappelen. Deze zak was nodig om voldoende hoge carvonconcentraties binnen de kopruimte te verwezenlijken. Zodoende kunnen de resultaten van de zilverschurftremming bij Santé aardappelen zowel worden veroorzaakt door de aanwezigheid van carvon als door de combinatie van carvon en gewijzigde gassamenstelling.

Samengevat:

- Binnen de actieve verpakking wordt een voldoende hoog concentratieniveau carvon verwezenlijkt om de uitgroei van zilverschurft te remmen.
- Er kan niet worden bewezen dat de actieve verpakking ook daadwerkelijk de uitgroei van zilverschurft remt.
- De geur bij opening van de actieve verpakking is veel te sterk.

5.4 Conclusie

Nieuwe actieve verpakkingen voor tafelaardappelen zijn ontwikkeld welke carvon afgeven in het juiste concentratiebereik zodat de uitgroei van zilverschurft tijdens distributie, winkeluitstalling en opslag bij de consument zou worden geremd. De actieve verpakking bestaat uit een relatief ondoorlatende zak en een vrij eenvoudig afgiftesysteem. Ondanks dat de juiste concentratie carvon in de kopruimte van de verpakking wordt verwezenlijkt, kan niet worden bewezen dat deze actieve verpakking de uitgroei van zilverschurft remt.

De consumentenacceptatie van de huidige actieve verpakking is waarschijnlijk laag, ten gevolge van de forse carvongeureur bij opening van de verpakking. Voor een goede remming van zilverschurft lijken hogere concentraties carvon noodzakelijk, terwijl het probleem van de consumentenacceptatie daardoor groter zal worden.

De resultaten van deze proeven en de verkenning van vorig jaar lijken er op te wijzen dat de gevoeligheid van de zilverschurft-schimmel voor carvon varieert per jaar. Vorig jaar is er een verkenning uitgevoerd met zetmeel gebaseerde afgiftesystemen die succesvol was om zilverschurft te remmen. Dit jaar is de afgiftesnelheid van dit zetmeelsysteem bepaald. Het bleek lage concentraties carvon binnen de aardappelzak te verwezenlijken. Bij dergelijke lage concentraties kon zilverschurft dit jaar niet geremd worden.

6 Effect omgevingsfactoren op groei en sporulatie

6.1 Inleiding

Kennis van de trigger voor de ontwikkeling van zilverschurft is belangrijk voor de aanpak van de zilverschurft problematiek. De kans op uitgroei van een aantasting en ontstaan van een nieuwe besmetting is sterk afhankelijk van de temperatuur, relatieve luchtvochtigheid en wateractiviteit. De wateractiviteit is een maat voor de hoeveelheid ongebonden water in een product die beschikbaar is voor de schimmel om te kunnen groeien. De relatieve luchtvochtigheid daarentegen is het vochtgehalte van de omgevingslucht.

In deze deelstudie is nagegaan welke omgevingsfactoren de uitgroei van *Helminthosporium solani* bevorderen en de omslag induceren van de ontwikkeling van *steriel* mycelium (vegetatieve groei) naar de ontwikkeling van speciale structuren voor overleving, bijvoorbeeld sporen (generatieve groei).

6.2 Aanpak algemeen

We hebben de ontwikkeling van *Helminthosporium solani* bestudeerd zowel *in vitro* als *in situ*. Om het effect van temperatuur en wateractiviteit op de vegetatieve groei en de overgang naar generatieve groei te bestuderen is *in vitro* getest. Het effect van de relatieve luchtvochtigheid op de overgang van vegetatieve naar generatieve groei is *in situ* getest.

6.3 Resultaten

6.3.1 Effect a_w in relatie tot de temperatuur op groei en vorming conidia

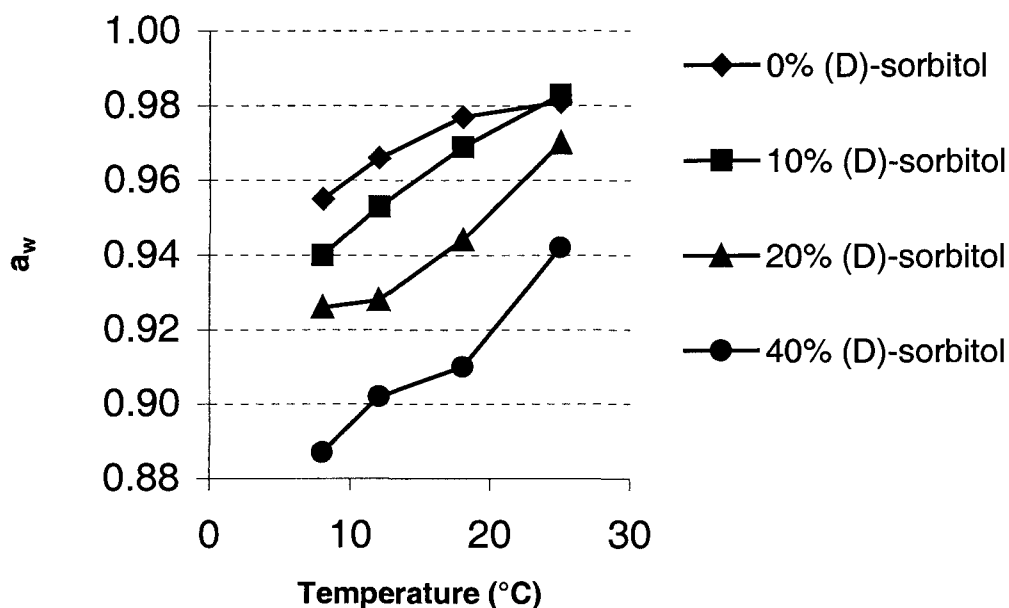
Materiaal en methode

Voor de groei van *Helminthosporium solani* werd Potato Dextrose Agar (PDA) als voedingsmedium gebruikt. Hierin werd de wateractiviteit (a_w) gevarieerd met (D)-sorbitol in de concentraties: 0%, 10%, 20% en 40% (w/v). De a_w werd vervolgens gemeten met behulp van een a_w -meter bij vier verschillende temperaturen: 8°C, 12°C, 18°C en 25°C.

Voor het testen van het effect van de a_w in relatie tot de temperatuur op de groei van *Helminthosporium solani* werd gebruik gemaakt van een isolaat van het *Centraal Bureau voor Schimmelcultures* (CBS). Vanaf een voorcultuur op PDA werden stukjes mycelium van *Helminthosporium solani* overgebracht naar PDA met verschillende concentraties (D)-sorbitol in petrischalen. De petrischalen werden afgesloten en vervolgens geïncubeerd bij 8°C, 12°C, 18°C of 25°C. Op verschillende tijdstippen werd de diameter van de schimmel gemeten en werd uit deze gegevens de maximale radiale groeisnelheid bepaald. Tevens werd er met behulp van een microscoop gecontroleerd op de vorming van sporen (conidia).

Resultaten en discussie

Bij alle (D)-sorbitol concentraties nam de a_w toe met de temperatuur (figuur 6.1). Bij 25°C was de a_w van de media met verschillende (D)-sorbitol concentratie tussen 0.98 en 0.94. Bij 8°C was de a_w van de media met verschillende (D)-sorbitol concentratie tussen 0.96 en 0.89. Uit eerder onderzoek is gebleken dat de minimale groeitemperatuur van *Helminthosporium solani* ongeveer 6°C is. De optimale groeitemperatuur is 25°C. Bij dit onderzoek werd 8°C als laagste temperatuur gebruikt en 25°C als hoogste temperatuur. In figuur 6.2 is te zien dat zowel de temperatuur als de a_w invloed hebben op de groeisnelheid. Bij alle temperaturen neemt de groeisnelheid toe met de a_w . Daarnaast was de minimale a_w waarbij nog groei plaatsvindt lager naarmate de temperatuur lager was.

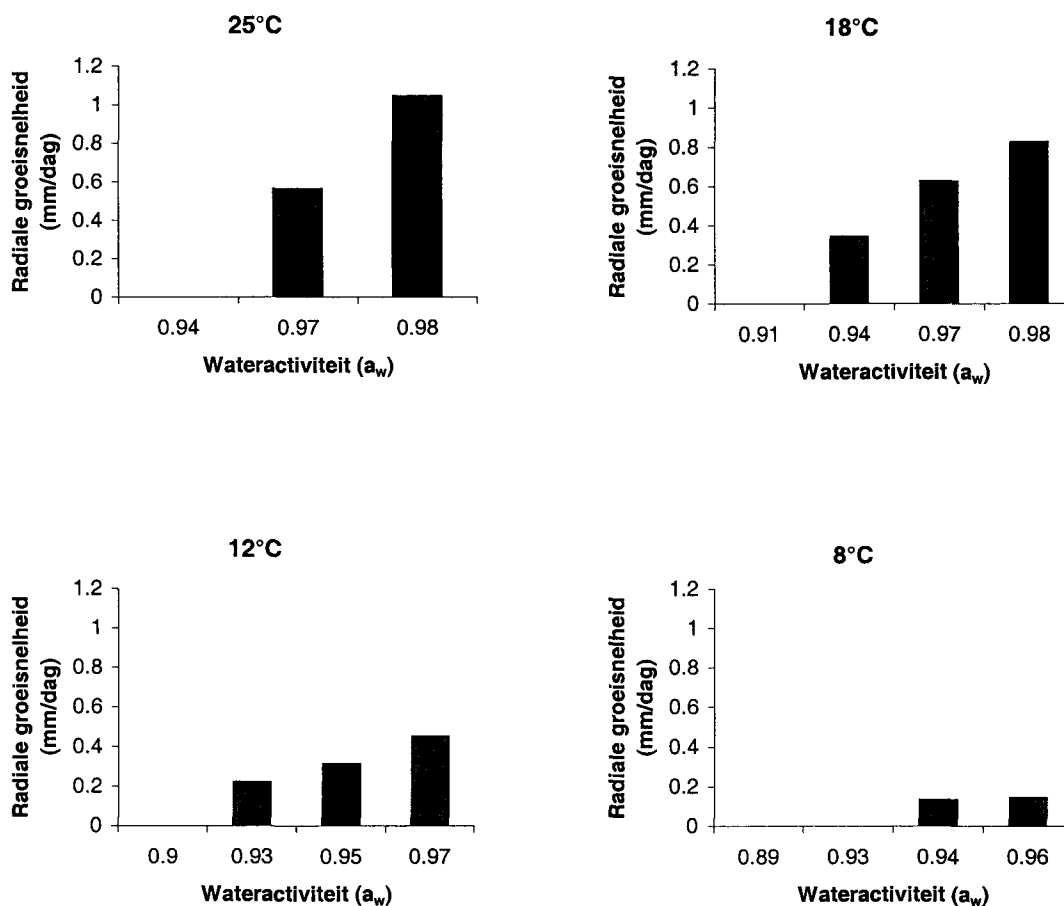


Figuur 6.1. Wateractiviteit van Potato Dextrose Agar met (D)-sorbitol bij verschillende temperaturen.

In het verleden is er veel onderzoek gedaan naar de invloed van de groeiomstandigheden op de sporulatie van *Helminthosporium solani*. Doorgaans werd daarbij medium gebruikt met een hoge a_w . Bij dit experiment werd gekeken naar het effect van een lagere a_w . Bij geen van de 16 condities werd sporulatie waargenomen.

Conclusies

- De groeisnelheid van *Helminthosporium solani* neemt af met afnemende temperatuur
- De groeisnelheid van *Helminthosporium solani* neemt af bij afnemende a_w
- Bij lagere temperaturen wordt een lagere minimale a_w voor groei van *Helminthosporium solani* waargenomen
- Bij geen van de geteste combinaties van a_w en temperatuur is vorming van conidia waargenomen.



Figuur 6.2. Effect a_w in relatie tot de temperatuur op de groei van *Helminthosporium solani*.

6.3.2 Effect relatieve luchtvochtigheid op vorming conidia

Materiaal en methode

Voor het instellen van de relatieve luchtvochtigheid (RV) is gebruik gemaakt van een mengsel van vochtige ($\pm 98\%$ RV) en droge lucht in een bepaalde verhouding met een totale flow van 500 ml/min. Er werden zes RV's ingesteld in een range van 90% tot 100%. Iedere luchtstroom met een bepaalde RV werd door een excicator met vochtsensor geleid. De RV werd gemeten met behulp van vochtsensoren (type HS15P) met een gemiddelde fout van circa 0.5% RV. Het experiment is uitgevoerd bij 19°C. De RV werd gedurende de incubatie-periode gevolgd.

Het effect van de RV op de vorming van conidia is getest met de rassen Bildtstar, Bintje en Santé (Bs-Eest, Bi-Eest en Sa-Eest). De knollen werden zorgvuldig geselecteerd en gewassen. Vervolgens werden de knollen gedroogd en werden van ieder ras vier knollen, met een totaal gewicht van ongeveer 1.1 Kg, overgebracht in een excicator.

Gedurende 13 dagen waren de knollen gecontroleerd op de ontwikkeling van conidia (sporen) van *Helminthosporium solani*. De knollen werden geobserveerd met behulp van een binoculairmicroscop. Om de mate van generatieve groei aan te geven is er gewerkt met een indeling in 4 verschillende klassen:

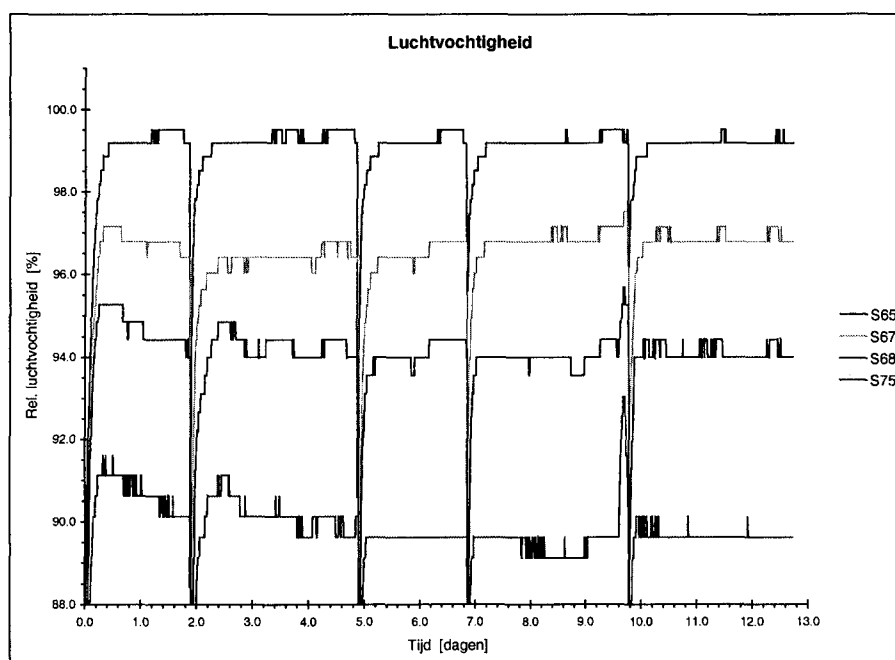
- Klasse 1: geen verschijnselen van generatieve groei
- Klasse 2: in meer of mindere mate ontwikkeling sporendragers (geen sporen)
- Klasse 3: in meer of mindere mate ontwikkeling sporendragers en sporen
- Klasse 4: generatieve groei visueel duidelijk zichtbaar

Resultaten en discussie

De relatieve luchtvochtigheid werd gemeten gedurende het experiment. In figuur 6.3 is het verloop van de RV weergegeven. Op de dagen twee, vijf, zeven en tien is er een daling van de RV te zien. Op deze dagen zijn de excicatoren geopend voor beoordeling van de knollen. Na sluiting van de excicatoren kwam de RV weer snel op niveau. In tabel 6.1 is de gemiddelde RV per excicator weergegeven. Omdat de RV's in de excicatoren S65, S66 en S76 niet significant verschillen zijn de resultaten van S66 en S76 niet opgenomen.

Tabel 6.1. Gemiddelde RV per excicator

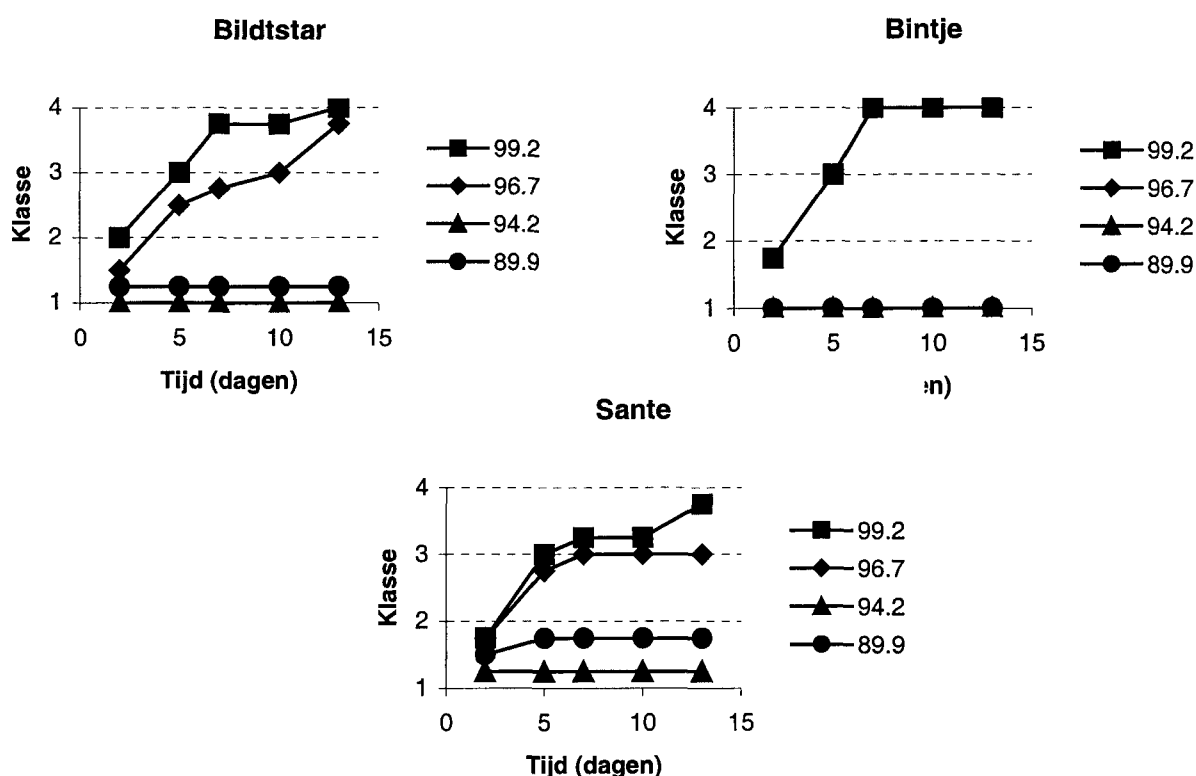
	S65 [%]	S66 [%]	S67 [%]	S68 [%]	S75 [%]	S76 [%]
Gem. RV	99.2	99.0	96.7	94.2	89.9	98.8
σ (RV)	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6



Figuur 6.3. Verloop van de relatieve luchtvochtigheid

Bij een RV van 99.2% werden na vijf dagen op alle drie de rassen reeds conidia ontwikkeld (figuur 6.4). Ook bij 96.7% RV waren er na vijf dagen met uitzondering van Bintje reeds conidia ontwikkeld. De minimale RV voor de ontwikkeling van sporen bij Bildtstar en Santé lag tussen 94.2% en 96,7%. Bij Bintje lag de minimale RV waarbij sporen ontwikkeld worden tussen 96.7% en 99.2%. Op Bildtstar en Santé was bij de lagere RV's in mindere mate generatieve groei waargenomen. De ontwikkeling bleef onder klasse 2; dit betekent dat er alleen sporendragers waargenomen zijn zonder sporen. Waarschijnlijk waren de sporendragers die waargenomen zijn nog aanwezig van een eerdere sporulatie en niet verwijderd tijdens het wassen. Er was gedurende het experiment ook geen toename van het aantal sporendragers waargenomen.

Figuur 6.3. Ontwikkeling generatieve groei bij verschillende relatieve luchtvochtigheid



Conclusies

- De minimale RV voor de ontwikkeling van conidia van *Helminthosporium solani* is rasafhankelijk
- Bij een RV lager dan 94% treedt er geen generatieve groei op van *Helminthosporium solani*.

6.3.3 uitgroeidynamiek van zilverschurftplekken

Materiaal en methode

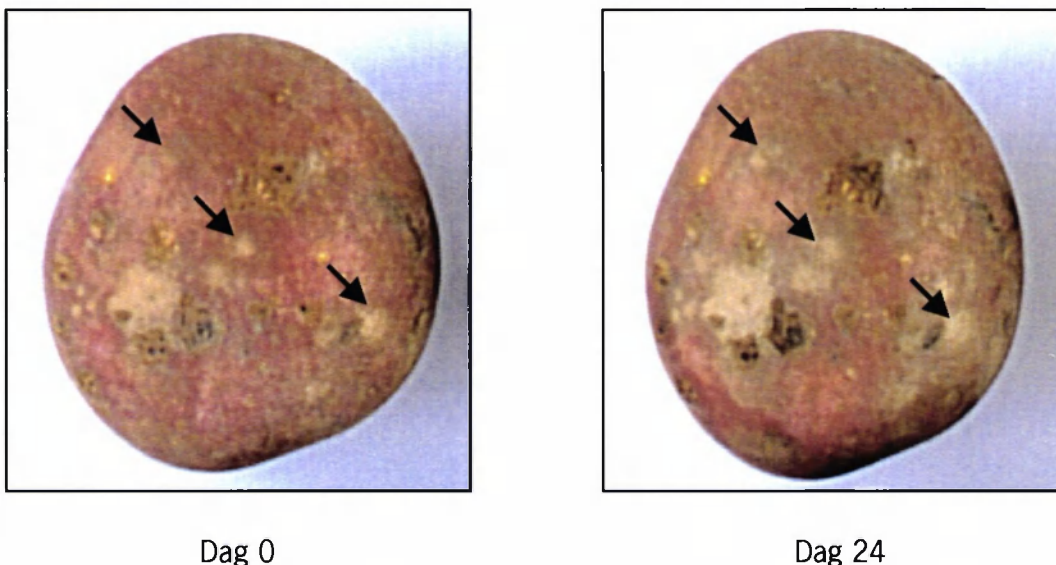
Bij het onderzoek naar de uitgroeidynamiek van zilverschurftplekken werd gebruik gemaakt van een Camera Beeld Analyse systeem (CBA). Met behulp van dit systeem kan de ontwikkeling van de zilverschurft gevolgd worden bij bepaalde condities. Een camera maakt op vooraf geprogrammeerde tijdstippen digitale opnamen van de knollen. Nadien kan de uitgroeidynamiek bekeken worden door middel van vergelijking van het fotomateriaal.

Het onderzoek werd uitgevoerd bij 18°C en een relatieve luchtvochtigheid van 90% en 100%. Er is getest met de aardappelrassen Bildtstar (Bs-Eest), Bintje (Bi-Eest) en Santé (Sa-Eest). Bij incubatie van de knollen onder 100% RV, werden de knollen na incubatie, vóór de laatste opname gewassen om de sporen van de knollen te spoelen om zo de uitgroei beter te kunnen beoordelen.

In eerste instantie zou tevens onderzocht worden welke rol de vorming van conidia speelt bij de uitbreiding van zilverschurft op knollen onder verschillende bewaarcondities. Na een aantal verkennende experimenten konden we vaststellen dat we met behulp van de gebruikte techniek niet kunnen vaststellen of, wanneer er visueel nieuwe zilverschurftplekken ontstaan, dit ook daadwerkelijk nieuwe plekken zijn. We hebben daarom besloten dit niet met deze techniek te onderzoeken.

Resultaten en discussie

De ontwikkeling van Zilverschurft op Bildtstar, Bintje en Santé bij 18°C en 90% RV werd gedurende vier weken gevolgd. In deze periode is er geen uitbreiding waargenomen van bestaande plekken en/ of ontstaan van nieuwe plekken. Dit resultaat is in overeenstemming met de onder 6.3.2 beschreven resultaten.



Figuur 6.5. Bewaring Bintje bij 18°C en 100% RV. De pijlen geven drie plaatsen aan waar een duidelijke uitbreiding van de zilverschurft-plekken te zien is.

Na incubatie van de drie rassen bij 18°C en 100% RV werd er reeds na 3 dagen een uitbreiding waargenomen van de bestaande zilverschurftplekken. Er werden ook nieuwe plekken zichtbaar. In figuur 6.5 is duidelijk de uitbreiding van de zilverschurftplekken op Bintje te zien. De CBA methode bleek niet geschikt om te bepalen of het een nieuwe aantasting is vanuit een spore of stukje mycelium.

Conclusies

- Bij 18°C en 90% RV vindt er geen uitgroei plaats van de zilverschurftplekken
- Bij 18°C en 100% RV vindt er uitgroei plaats van de zilverschurftplekken en worden conidia gevormd
- Met deze methode kan de herkomst van een nieuwe aantasting niet worden aangetoond

7 Triggers voor uitgroeien van zilverschurft op aardappelen

7.1 Inleiding

Het doel van deze taak is inzicht te krijgen in het aandeel van verschillende factoren op de toename van aantasting van aardappelen door zilverschurft.

De resultaten van het onderzoek van het voorgaande jaar maakten nog niet duidelijk wat de oorzaak is van de toename van zilverschurft aantasting na het uitschuren. In deze experimenten is de invloed van het opwarmen van de aardappelen voor uitschuren en het effect van wassen en drogen onderzocht. Zoals uit de vorige rapportage blijkt is er geen duidelijk effect van de onderzochte factoren. Naar aanleiding van deze resultaten zijn in dit onderzoek een aantal andere mogelijke 'triggers' voor zilverschurft aantasting onderzocht. Dit waren de volgende:

- I. De mechanische belasting van de aardappelen tijdens het uitschuren, transport, sorteren en dergelijke,
- II. Versmering met besmette uitschuur- en of sorteerlijnen.

De in het voorgaande jaar uitgebreid onderzochte factoren; opwarming en wassen zijn ook in het eerste experiment onderzocht. Naar aanleiding van de resultaten van het eerste experiment is in een tweede experiment nauwkeuriger gekeken naar het effect van mechanische belasting in combinatie met het opwarm protocol voor uitschuren.

7.2 Experiment I

Inleiding

Naast de factoren die in het voorgaande jaar zijn onderzocht werden in dit experiment ook andere mogelijke 'triggers' meegenomen. De volgende factoren werden onderzocht op hun effect op de toename van de zilverschurft aantasting tijdens de distributie van tafelaardappelen:

- I. Snelheid van opwarmen voor het uitschuren, Voor het uitleveren worden aardappelen langzaam opgewarmd om stootblauw te voorkomen. Mogelijk dat tijdens deze opwarming de zilverschurft tot ontwikkeling komt en tijdens de rest van het traject niet meer te remmen is. Door de aardappels korter voor het uitschuren op temperatuur te brengen zal de aantasting door zilverschurft op een later moment in het distributiekanaal optreden en minder ver kunnen uitgroeien.
- II. Wassen van de aardappelen, In de praktijk worden tafelaardappelen gewassen voor het verpakken. De periode na het wassen zijn de aardappelen vochtig dit zijn gunstige condities voor het tot ontwikkeling komen van een zilverschurft aantasting.
- III. Mechanische belasting (beschadiging) tijdens uitschuren, sorteren, wassen en verpakken, tijdens het hele traject van uitschuren tot en met verpakken worden de aardappelen blootgesteld aan een reeks schokken en stoten. Dit kan leiden tot kleine beschadigingen wat mogelijk weer een invalspoort is voor zilverschurft.
- IV. Versmering van zilverschurft door transportbanden ed. Een andere bron van zilverschurft aantasting is infectie tijdens handeling door "besmette" transport banden ed.

Al deze mogelijke factoren die tot ontwikkeling komen van zilverschurft op aardappelen kunnen veroorzaken zijn onderzocht. Door het gecombineerd blootstellen van aardappelen aan deze factoren zijn mogelijke interacties tussen verschillende factoren ook onderzocht.

Methode

Product

Voor het experiment werden drie rassen gebruikt:

- Bildtstar,
- Bintje,
- Santé.

Het betrof aardappelen die in de andere onderdelen van het onderzoek ook zijn gebruikt.

Behandelingen

Om de hierboven beschreven factoren te toetsen op hun effect op het tot ontwikkeling komen van zilverschurft zijn de volgende experimentele varianten onderzocht:

Opwarming

- Langzaam opwarmen, van 8°C naar 18°C in 6 dagen, 1.7°C/ dag,
- Snel opwarmen, van 8°C naar 18°C in 3 dagen, 3.3°C / dag,
- Extreem snel opwarmen, direct overzetten van 8°C naar 18°C.

De eerste opwarmingssnelheid is de in de praktijk gebruikelijke snelheid.

Mechanische belasting

- Geen mechanische belasting,
- Mechanische belasting 2 uur 300 % ASTM 4169 III.
- Mechanische belasting 2 uur 300 % ASTM 4169 III. Plus 1 besmette knol per 6 gezonde knollen (versmering).

Aan de hand van een vooronderzoek is vastgesteld welke mechanische belasting tot een realistische hoeveelheid schade lijdt. Om een goed contact te krijgen tussen de wel en niet geïnfecteerde aardappelen werden deze partijen op de transportsimulator geplaatst.

De mechanische belasting werd opgelegd met behulp van een transportsimulator. Deze Lansmont transportsimulator kan worden ingezet voor lasten tot 1800 kg. Deze lading kan verticaal verplaatst worden met een frequentie tussen 0 en 300 Hz. De maximale verplaatsing hierbij is 63 mm. De transportsimulator staat in een geklimatiseerde ruimte waar temperatuur en relatieve luchtvochtigheid kunnen worden geregeld (temp van 0 – 30°C en relatieve vochtigheid tussen 30 % en 100 %). De gebruikte procedure is een standaard ASTM norm. De afkorting ASTM staat voor American Society for Testing and Materials. De door dit instituut gebruikte standaard methode bestaat uit een combinatie van frequentie (Hz) en versnelling (G). De exacte beschrijving van de methode staat in bijlage 3.

Wassen

- Ongewassen,
- Gewassen, niet gedroogd.

Door ongewassen aardappelen te vergelijken met gewassen aardappelen die niet werden gedroogd is er een maximaal verschil tussen de beide partijen voor wat betreft vochtige condities.

Bewaring product

De aardappelen werden na de diverse behandeling bewaard gedurende 3 weken bij 18°C, 75% relatieve luchtvochtigheid. De verpakking was de standaard roze zak.

Kwaliteitbeoordeling

Beoordeling van de zilverschurft aantasting werd volgens de standaardmethode uitgevoerd.

Resultaten

De resultaten zijn weergegeven in gemiddeldes over de drie rassen per behandeling. Op deze manier naar de beschikbare data kijken is mogelijk omdat de drie rassen zoals verwacht hetzelfde reageren op de verschillende behandelingen. Het voordeel van deze benadering is dat mogelijke effecten van verschillende behandelingen sneller aan het licht komen omdat door het grotere aantal herhaling per variant het kleinste significante verschil kleiner wordt. De belangrijkste resultaten van dit experiment samengevat in Tabel 7.1 t/m Tabel 7.3. Bij deze resultaten moet worden opgemerkt dat de niveaus van zilverscurft aantasting erg laag zijn (vallen binnen klasse III). Dit maakt het onmogelijk om duidelijke conclusies trekken uit de resultaten van dit experiment.

Tabel 7.1. Gemiddelde zilverscurft index voor de met verschillende snelheden opgewarmde aardappelen na drie weken bewaring bij 18°C (kleinste significante verschil 1.3 bij $p = 0.05$).

Opwarmen	Zilverscurft Index
1 uur	8.0 a
3 dagen	8.3 a
7 dagen	8.8 a

Tabel 7.2. Gemiddelde zilverscurft index van gewassen en niet gewassen aardappelen na drie weken bewaring bij 18°C (kleinste significante verschil 1.1 bij $p = 0.05$).

Wassen	Zilverscurft Index
Niet gewassen	8.2 a
Gewassen	8.5 a

Tabel 7.3. Gemiddelde zilverscurft index van aardappelen die geen mechanische belasting hebben ondergaan en die wel een mechanische belast zijn, met of zonder besmette aardappelen na drie weken bewaring bij 18°C (kleinste significante verschil 1.3 bij $p = 0.05$).

Opwarmen	Zilverscurft Index
Geen Mechanische belasting	6.8 a
Mechanische belasting	8.9 b
Mechanisch belasting plus besmette knollen toegevoegd	9.4 b

Conclusies

Uit de Tabel 7.1 t/m Tabel 7.3 blijkt dat er alleen een effect is van de mechanische belasting op het niveau van zilverschorft aantasting. Alle andere factoren hebben in dit experiment geen effect op de hoeveelheid zilverschorft die wordt gevonden op de aardappelen. Een sterke toename van de aantasting door zilverschorft tijdens de bewaarperiode van drie weken wordt bovendien bij geen van de behandelingen gevonden.

7.3 Experiment II

Inleiding

Naar aanleiding van de resultaten van het vorige experiment is onderzocht wat het effect is van de volgende factoren op de toename van zilverschorft:

- I. Het opwarmen aan het einde van de bewaring,
- II. De mechanische belasting tijdens uitschuren, transport sorteren en dergelijke.

Het experiment is uitgevoerd met een gevoelig ras (Santé), dit geeft het snelste de grootst mogelijke effecten van een behandeling. Er is voor gekozen om de aardappelen niet te wassen, de gebruikte methode om de aardappelen te wassen geeft namelijk een aanzienlijke mechanische belasting wat het effect van de andere behandeling kan verdoezelen.

Methode

Behandelingen

Om de hierboven beschreven factoren te toetsen op hun effect op het tot ontwikkeling komen van zilverschorft zijn de volgende experimentele varianten onderzocht:

Opwarming

- Langzaam opwarmen, van 8°C naar 18°C in 6 dagen, 1.7°C/ dag,
- Extreem snel opwarmen, direct overzetten van 8°C naar 18°C.

De relatieve luchtvochtigheid was in alle gevallen hoog 90 – 95%. De eerste opwarmsnelheid is de in de praktijk gebruikelijke snelheid.

Mechanische belasting

- Geen mechanische belasting,
- Mechanische belasting 2 uur 300 % ASTM D 4169 III bij 8°C
- Mechanische belasting 2 uur 300 % ASTM 4169 III bij 18°C.

Bewaring product

De aardappelen werden na de diverse behandeling bewaard gedurende 3 weken bij 18°C, 75% relatieve luchtvochtigheid. De verpakking was de standaard roze zak.

Kwaliteitbeoordeling

Beoordeling van de zilverschorft aantasting werd volgens de standaardmethode uitgevoerd.

Resultaten

De resultaten van het experiment staan samengevat in Tabel 7.4.

Tabel 7.4. Gemiddelde zilverschurft Index van de aardappelen met een verschillende behandeling (kleinste significante verschil 2,3 bij $p = 0.05$).

Temperatuur		Zilverschurft Index	
8°C		Begin	5.9
8°C		Eind	7.8
8°C	Niet	Statisch	7.2
8°C	Niet	Dynamisch	7.2
8-18°C	Snel	Statisch	7.4
8-18°C	Snel	Dynamisch	7.2
8-18°C	Langzaam	Statisch	7.7
8-18°C	Langzaam	Dynamisch	6.9

Conclusies

Zoals uit Tabel 7.4 blijkt zijn er geen significante verschillen tussen de behandelingen. Dit is zeer tegen de verwachtingen. Een reden voor het niet tot ontwikkeling komen van de zilverschurft binnen dit experiment kan op basis van dit experiment niet worden gegeven.

7.4 Samenvattende conclusies

De toename van de zilverschurft aantasting in beide experimenten was erg gering. Het is dan ook niet mogelijk om aan de hand van deze experimenten een rangorde aan te geven voor de factoren die invloed hebben op het tot ontwikkeling komen van zilverschurft. Er is enkel in het eerste experiment een aanwijzing dat mechanische belasting van invloed is op de ontwikkeling van zilverschurft. Deze constatering kan echter niet worden bevestigd in het tweede experiment.

8 Conclusies en discussie

8.1 Algemene conclusies

- Alle partijen betrokken bij dit onderzoek waren direct na oogst besmet met zilverschurft. Dit bevestigt het beeld van voorgaand jaar en het probleem zilverschurft in de verpakfase.
 - Aanleg probleem bij teelt
 - Beperkte uitgroei tot opwarmen (afhankelijk van situatie (RV))
 - Door handling/verpakken groeit zilverschurft verder uit
- Droge bewaaromstandigheden ($RV < 90\%$) reduceren de uitgroei van zilverschurft en de vorming van sporen bij verschillende temperaturen (7 tot 18°C). Zilverschurft lijkt minder hard te groeien in de verpakingsfase op droog bewaarde aardappelen ($RV = 85\%$).
- Uitgroei bij 18°C is afhankelijk van T en RV. Bij 18°C en RV van 90% of lager vindt geen zichtbare uitgroei plaats gedurende minstens twee weken.
- De vorming van sporen is afhankelijk van de RV. Bij een RV lager dan 94% worden geen sporen gevormd bij 18°C gedurende minstens twee weken.
- Van de getoetste waswater-additieven is kaliumsorbaat de beste remmer van de uitgroei van zilverschurft-plekken. Kaliumsorbaat verhindert ook de vorming van sporen gedurende minstens twee weken.
- Het is technisch mogelijk om afgiftesystemen in verpakking te maken, waarbij de concentratie carvon voldoende hoog is om zilverschurft te remmen.
- Remming van uitgroei kan dit seizoen niet worden bewezen. Voorgaand seizoen liet wel remming van zilverschurft-groei zien door carvon in de verpakking.
- Er zijn aanwijzingen dat mechanische belasting (trillen, schudden, etc), naast T en RV een rol speelt als 'trigger' voor de uitgroei van zilverschurft.
- Opwarmingsnelheid en versmering zijn niet aantoonbaar als 'trigger' voor de uitgroei van zilverschurft.

8.2 Discussie

Dit tweede jaar zijn een aantal experimenten uitgevoerd op ATO om enerzijds meer inzicht te krijgen over de schimmel *H. solani* en zijn interactie op aardappel, anderzijds om de groei van de schimmel op de aardappel in de verpakingsfase te remmen. Voor deze experimenten is gebruik gemaakt van een werkvoorraad van drie partijen aardappelen (Bintje, Santé en Bildtstar). Deze partijen zijn geteeld op proefboerderij 'de Eest' en bewaard in een bewaarcel op ATO. Uit veel experimenten blijkt de uitgroei van zilverschurft op deze partijen minder te zijn dan verwacht kan worden uit gegevens van vorig jaar en de dit jaar gevolgde praktijkpartijen. Deze slechte groei van *H. solani* op deze partijen heeft het onderzoek aanzienlijk bemoeilijkt. Een mogelijke oorzaak voor de slechte groei van deze drie partijen is de opslag van de aardappelen op ATO. De aardappelen lagen opgeslagen bij 7.5°C en een relatieve luchtvochtigheid van ongeveer 85%. Met name de luchtvochtigheid is veel lager dan in de

praktijk wordt toegepast. Mogelijk remt een periode van lage RV de zilverschurftplekken in hun potentie tot uitgroei.

Een ander probleem bij onderzoek van dit jaar is de verschillende uitgroei karakteristiek van de verschillende knollen. Een knol met index 2.5 kan in twee weken uitgroeien tot 8.75 of tot 87.5. Dit maakt selectie op beginbesmetting om de spreiding van de resultaten tegen te gaan vrijwel zinloos. Een mogelijke verklaring voor deze verschillen in uitgroei is dat de schimmel anders reageert op verschillende knollen, afhankelijk van individuele knolkarakteristieken (weerstand tegen schimmel, fysiologische staat van de knol). Een andere mogelijkheid is dat de schimmel een netwerk van mycelium vormt door de schil. Dit netwerk van myceliumdraden is te dun om zichtbaar te zijn. Als de omstandigheden gunstig zijn kan het netwerk zich snel zodanig ontwikkelen dat er zichtbare plekken ontstaan in korte tijd (twee weken).

Het gevolg hiervan is een grote spreiding in begin- en eindbesmetting met zilverschurft. Zeker in combinatie met een toch al niet geweldige uitgroei van de werkvoorraad-partijen, maakt dit het onderzoek naar remmers van zilverschurft er niet eenvoudiger op. Het lijkt erop dat meer herhalingen van een behandeling een betrouwbaarder resultaat geven dan vooraf bepalen van de beginbesmetting.

Alle experimenten, met name de experimenten met de actieve verpakking en de mechanische belasting, uitgevoerd met de werkvoorraad aardappelen worden negatief beïnvloed door de slechte uitgroei van zilverschurft op de werkvoorraad-partijen.

Bijlage 1

Bepaling van de zilverschurft-index

Bepaling gebeurt visueel door een schatting te maken van het percentage door zilverschurft bedekt oppervlak van de zwaarst besmette zijde van de knol. Met het geschatte percentage kan de knol ingedeeld worden in één van onderstaande klassen.

Klasse I	0%	aangetast knolopp. gem.	0%
Klasse II	0-5%	gem.	2.50%
Klasse III	5-12.5%	gem.	8.75%
Klasse IV	12.5-25%	gem.	18.75%
Klasse V	25-50%	gem.	37.50%
Klasse VI	50-75%	gem.	62.50%
Klasse VII	75-100%	gem.	87.50%

Door het aantal knollen in de diverse klassen te vermenigvuldigen met het gemiddelde percentage aangetast knoloppervlak, deze producten op te tellen en te delen door het totaal aantal knollen (normaal 15-25 knollen) wordt per monster één getal voor de zilverschurftaantasting verkregen, de zilverschurft index

De maximale zilverschurft index is 87.50 (alle knollen in klasse VII).

Bijlage 2

Statistische analyse

De zilverschurft-index, zoals beschreven in bijlage 1, kan opgevat worden als (is nauw verwant met) het percentage oppervlak in het monster dat bedekt is door de schimmel. De index gaat uit van een verdeling in klassen door een schatting van het bedekte oppervlak, waarna deze klassenindeling weer wordt gemiddeld tot een uiteindelijke index. De indeling in klassen is een methode om de praktische, visuele uitvoering van een bepaling te vereenvoudigen. Deze praktische benadering heeft zijn weerslag in de analyse van de onderzoeksresultaten:

- Van de ene kant is een percentage binomiaal verdeeld. In de extremen (bij 0% en bij 100%) heeft deze een veel kleinere standaard afwijking dan in het midden (bij 50%). De variantie is niet constant maar hangt af van het niveau.
- Van de andere kant is de index een gemiddelde van 15 knollen. Volgens de centrale limietstelling zou de verdeling dan de normale verdeling moeten benaderen.

De verdeling zit ergens tussen binomiaal en normaal.

Spreiding

Variatiebronnen bij gebruikte proefopzet:

1. Variatie in beginbesmetting van de aardappelen
2. Variatie door steekproefneming
3. Variatie in werkzaamheid van de behandelingen
4. Variatie tussen personen die op zilverschurft beoordelen
5. Variatie binnen een persoon (tussen dagen)

Al deze variatiebronnen dragen bij aan de experimenteerfout.

Er is een onderscheidt tussen spreiding in het monster, dus tussen aardappelen, en spreiding van het gemiddelde van een monster. De proefopzet lijkt verbeterd te kunnen worden door als eenheid niet een monster van bijvoorbeeld 15 aardappelen te nemen, maar 15 individuele aardappelen van dezelfde klasse. Door aardappelen individueel te volgen worden de variatiebronnen 1 en 2 uitgeschakeld. In de praktijk pakt dit anders uit. Er zijn grote verschillen tussen uitgroei van individuele aardappelen. Dit maakt selectie op beginbesmetting minder effectief.

De beste proefopzet voor toekomstige experimenten is toch om random geselecteerde aardappelen te behandelen (bijvoorbeeld 15 knollen). Wel is het noodzakelijk dat er meer herhalingen zijn (meer dan 4), zodat de proef betrouwbaarder wordt.

Bijlage 3

Opzet dynamische belasting, ASTM D 4169 – 96 insurance level III op 300 %. Een complete beschrijving van de methode staat beschreven in standard practice for performance testing of shipping containersand systems, annual book of ASTM standards, Vol 15.09

Gebruikte simulatie methode voor dynamische belasting van de aardappelen.

Frequentie (Hz)	Power spectral density Level (g²/Hz)
1	0.000075
4	0.015
16	0.015
40	0.0015
80	0.0015
200	0.000015
Totaal, G, rms	1.11
Duur (min)	120 min