

Tabaksratelvirus in aardappel

Tabaksratelvirus als oorzaak van kringrigheid en
opbrengstreductie in aardappelrassen

L. P. G. Molendijk, O. Hartsema, F. C. Zoon, A. W. W. van Gastel en J. Hoek (ed.)

© 2005 Wageningen, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

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

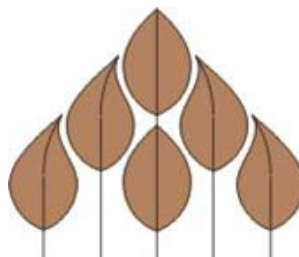
Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V. is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

Dit is een **vertrouwelijk document**, uitsluitend bedoeld voor intern gebruik binnen PPO dan wel met toestemming door derden. Niets uit dit document mag worden gebruikt, vermenigvuldigd of verspreid voor extern gebruik.

Dit project is gefinancierd door en uitgevoerd in opdracht van het:

Hoofdproductschap Akkerbouw

Postbus 29739
2502 LS Den Haag
Telefoon: (070) 370 87 08
Fax: (070) 370 84 44
Internet: <http://www.hpa.nl>
Email: hpa@hpa.agro.nl



en

Stichting Proefboerderij Prof. Dr. D. J. M. van Bemmelenhoeve

PPO projectnummer: 52.33.3.34

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Businessunit Akkerbouw, Groene Ruimte en Vollegroendsgroente

Adres : Edelhertweg 1
: Postbus 430, 8200 AK Lelystad
Tel. : 0320 291 111
Fax : 0320 230 479
E-mail : info.ppo@wur.nl
Internet : www.ppo.wur.nl

Inhoudsopgave

pagina

1	SAMENVATTING.....	5
2	INLEIDING	7
2.1	Tabaksratelvirus	7
2.2	Trichodoriden.....	8
2.2.1	Algemeen.....	8
2.2.2	Grondsoorten	8
2.2.3	Voeding	8
2.2.4	Schadelijke dichtheden.....	9
2.3	Trichodoride – Tabaksratelvirus associatie.....	9
2.4	Tabaksratelvirus in aardappelen.....	10
2.4.1	Secundaire besmetting en symptoomloze dragers	11
2.4.2	Opbrengstderving bij secundaire besmetting.....	12
2.4.3	Probleemstelling	12
3	MATERIAAL EN METHODEN	15
3.1	Toetsing inoculumgrond op TRV infectiedruk (MPN-toets)	17
3.2	Opkweek en infectie moederplanten	18
3.3	Eerste nateelt.....	19
3.4	Tweede nateelt.....	20
3.5	Beoordeling op kringerigheid door PPO	20
4	RESULTATEN	21
4.1	Vector: <i>Paratrichodorus pachydermus</i>	22
4.1.1	Bintje	22
4.1.2	Roxy	23
4.1.3	Santana	24
4.1.4	Santé.....	25
4.1.5	Saturna.....	27
4.1.6	Wilja.....	28
4.1.7	Stengelbont en kringerigheid 1 ^e en 2 ^e nateelt.....	29
4.2	Vector: <i>Paratrichodorus teres</i>	30
4.2.1	Bintje	30
4.2.2	Roxy	32
4.2.3	Santana	33
4.2.4	Santé.....	34
4.2.5	Saturna.....	35
4.2.6	Wilja.....	36
4.2.7	Controleplanten (niet met virus “geladen”).....	37
4.2.8	Stengelbont en kringerigheid 1 ^e en 2 ^e nateelt.....	38
4.3	Vector: <i>Trichodorus primitivus</i>	40
4.3.1	Bintje	40
4.3.2	Roxy	41
4.3.3	Santana	42
4.3.4	Santé.....	43
4.3.5	Saturna.....	44
4.3.6	Wilja.....	45
4.3.7	Stengelbont en kringerigheid 1 ^e en 2 ^e nateelt.....	46
4.4	Opbrengsteffect bij secundaire infectie met TRV.....	48

5	CONCLUSIES EN DISCUSSIE	51
5.1	Bintje	54
5.2	Roxy	54
5.3	Santana	55
5.4	Santé.....	56
5.5	Saturna.....	56
5.6	Wilja	57
5.7	Resultaten niet-geïnfecteerde (“controle”) planten	58
5.8	Vatbaarheid en gevoeligheid per vectoraaltje	59
5.9	Beoordeling rassenlijstcijfers kringrigheid	61
5.10	Aanbevelingen.....	62
6	LITERATUUR.....	63
7	BIJLAGEN.....	65
7.1	Proefschema 1 ^e nateelt <i>P. pachydermus</i>	65
7.2	Proefschema 2 ^e nateelt <i>P. pachydermus</i>	67
7.3	Proefschema 1 ^e nateelt <i>P. teres</i>	69
7.4	Proefschema 2 ^e nateelt <i>P. teres</i>	71
7.5	Proefschema 1 ^e nateelt <i>T. primitivus</i>	73
7.6	Proefschema 2 ^e nateelt <i>T. primitivus</i>	75

1 Samenvatting

Tabaksratelvirus (TRV) behoort tot de zogenaamde 'tobravirusen' en komt bij een zeer groot aantal plantensoorten voor. TRV wordt van de ene naar de andere plant overgebracht door aaltjes die behoren tot de geslachten *Trichodorus* en *Paratrichodorus*. In Nederland gaat het vooral om de soorten *Paratrichodorus teres*, *Paratrichodorus pachydermus* en *Trichodorus primitivus*. Deze aaltjes komen vrijwel uitsluitend voor op zandgrond en lichte zavelgrond. Er is grote mate van specificiteit tussen aaltje en virus, waardoor een aaltjessoort maar een bepaald virustype kan overbrengen.

Tot de waardplanten voor TRV behoren, naast vele onkruidsoorten, onder andere de gewassen suikerbieten, aardappelen, uien, vele granen, stamslabonen, peen en spinazie. Ook diverse groenbemestingsgewassen (waaronder gele mosterd, raaigrassen, rogge en facelia) zijn waardplant voor TRV.

Van de genoemde gewassen ondervindt alleen aardappelen schade van het virus, daarnaast zijn bolgewassen als tulp en gladiool (heel) gevoelig. Bij schadegevoelige gewassen zijn er echter rassen die geen of minder schade ondervinden. Bij gevoelige aardappelrassen veroorzaakt TRV in de knollen een roodbruine verkleuring, veelal in cirkels of bogen, waarbij het weefsel er vaak wat kurkachtig uitziet. Dit wordt in de praktijk kringerigheid genoemd. Meestal gaat het bij kringerigheid om een inwendige aantasting, die bij ernstige vormen ook aan de buitenkant van de knol zichtbaar kan zijn. Bij een vrij ernstige aantasting wordt een pootgoed- of consumptiepartij geweigerd, zodat de schade dan bijzonder groot is. In het aardappelloof kan een soort "bont" optreden, maar dit symptoom is vaak niet (goed) zichtbaar en bovendien weinig specifiek.

Tot enkele jaren geleden werd aangenomen dat er bij aardappelen die besmet waren met TRV alleen sprake was van kwalitatieve schade en dat er nauwelijks of geen opbrengstderving optrad. Daarnaast was de veronderstelling dat TRV via het pootgoed slecht overging naar de nieuwe plant en vrijwel niet naar nieuw gevormde knollen zodat (bij afwezigheid van nieuwe primaire besmetting door aaltjes) de ziekte in de loop der tijd snel zou afnemen ("zelfelimerend" zou zijn). Beide veronderstellingen lijken niet of maar voor een deel juist te zijn. Volgens recent onderzoek zou het virus zich beter door de plant verspreiden (een systemisch karakter hebben) dan eerder werd gedacht en ook beter overdraagbaar zijn nieuwe knollen dan tot voor kort werd aangenomen. Dit laatste wordt aangeduid met de term secundaire infectie (in de Engelstalige literatuur wordt hiervoor vaak ook de term "systemic infections" gebruikt). Daarnaast zijn er aanwijzingen dat aantasting door TRV ook kan leiden tot opbrengstderving bij de volgende generatie(s).

Het in dit rapport beschreven onderzoek had als voornaamste doelstelling na te gaan of TRV wordt overgedragen naar dochterknollen en vandaar naar de volgende teelt. Daarnaast zou meer inzicht verkregen moeten worden in de relatie tussen TRV en de mate van symptoomexpressie in loof en knol. Indien mogelijk zou ook nagegaan moeten worden of secundaire besmetting met TRV opbrengstreducties in aardappel kan veroorzaken.

Het onderzoek is uitgevoerd in samenwerking tussen het Praktijkonderzoek Plant en Omgeving (PPO) en Plant Research International (PRI). Het PPO heeft daartoe tussen 2000 en 2004 kas- en veldonderzoek gedaan en PRI heeft via de zogenaamde "Polymerase Chain Reaction" techniek (afgekort: PCR) de virusconcentratie in loof- en knolmonsters bepaald. In dit projectrapport worden de opzet en de resultaten van dit onderzoek weergegeven.

Er zijn zes aardappelrassen in het onderzoek meegenomen. Deze rassen verschillen van elkaar in resistentieniveau tegen kringerigheid: Bintje en Roxy werden beschouwd als weinig vatbaar, Saturna en Wilja als vrij weinig vatbaar en Santé en Santana als vatbaar.

Gezien de onderzoeksresultaten moet echter méér dan tot nu toe onderscheid gemaakt worden tussen vatbaarheid voor het tabaksratelvirus (wat bepaald wordt aan de hoeveelheid virus in de plant of de knollen) en gevoeligheid voor kringerigheid (in de knollen). Als een ras weinig of niet gevoelig is - dus niet of nauwelijks kringerigheid in de knollen vertoont - dan kan dat komen doordat het ras weinig vatbaar c.q. onvatbaar is voor TRV, maar het kan ook zijn dat het ras wel degelijk vatbaar is, maar weinig of geen symptomen toont (dus weinig of niet gevoelig is). Het ras Wilja is hiervan een goed voorbeeld.

In dit onderzoek is vastgesteld dat een moederknol of -plant die wordt geïnfecteerd door een Trichodoride-aaltje, het virus kan overdragen aan haar dochterknollen. Als besmette knollen als pootgoed worden gebruikt, kan van daaruit – zonder dat er aaltjes aanwezig zijn – opnieuw een besmette plant ontstaan. Er is dan sprake van secundaire infectie met TRV. Vervolgens kan het virus vanuit de besmette plant worden overgedragen aan de nieuwe knollen die dan worden gevormd, zodat de infectie meerdere generaties in stand kan blijven. In dit onderzoek is virusoverdracht over één generatie (direct via PCR metingen in de eerste nateelt) aangetoond en overdracht over twee generaties (via kringerigheid bepaling in de tweede nateelt) zeer aannemelijk gemaakt. In buitenlands onderzoek is inmiddels bevestigd dat het virus gedurende minstens 3 generaties (zonder symptoomvorming in de knollen) kan worden overgedragen.

Er zijn grote verschillen in **vatbaarheid voor TRV** tussen de aardappelrassen en virustypen. De rassen Santana en Wilja bleken het meest vatbaar te zijn. Over het algemeen waren de rassen het meest vatbaar voor het virustype dat door *P. pachydermus* werd overgedragen en het minst vatbaar (of soms zelfs onvatbaar) voor het type waarbij *T. primitivus* als vector optrad. Santé was echter het meest vatbaar voor het virustype dat door *P. teres* werd overgebracht.

Wat betreft **gevoeligheid voor kringerigheid** in de knollen, zijn er eveneens verschillen tussen rassen en virustypen. Het ras Santana was het meest gevoelig, gevolgd door Santé. Wilja was het minst gevoelig. Er waren echter aanzienlijke verschillen in gevoeligheid afhankelijk van het virustype c.q. het aaltje dat de primaire infectie tot stand had gebracht. Met *P. pachydermus* als primaire vector was de gevoeligheid voor kringerigheid over het algemeen het grootst, met *T. primitivus* als primaire vector het laagst. Er was geen algemeen geldend verband tussen gevoeligheid voor kringerigheid en vatbaarheid voor TRV.

Ook wat betreft **overdraagbaarheid van het virus via het pootgoed** zijn er verschillen tussen rassen en virustype (c.q. de aaltjesoort die als primaire vector optrad). Bij Santana en in wat mindere mate bij Wilja, is de overdraagbaarheid van TRV via het pootgoed gemiddeld het sterkst. Bij de virustypen die door *P. pachydermus* en *P. teres* primair werden overgebracht was de overdraagbaarheid via het pootgoed hoger dan bij het virustype dat door *T. primitivus* werd overgebracht.

In bijna alle gevallen bleek overigens dat bij de secundaire infectie de virusconcentratie in de volgende generatie van de knollen (veel) lager was dan bij de primaire infectie. Het ras Santana was hierop een uitzondering bij infectie met het virustype dat door *P. pachydermus* wordt overgedragen, omdat de virusconcentratie dan in de volgende generatie van dezelfde orde van grootte blijft.

De kringerigheidssymptomen leken in de loop van de generaties af te nemen, want de mate van kringerigheid in de tweede nateelt was lager dan in de eerste nateelt. Dit verklaart waarom lang is aangenomen dat tabaksratelvirus een zelfeliminerende ziekte zou zijn.

Gezien de onderzoeksresultaten verdient het aanbeveling om bij het rassenonderzoek de vatbaarheid en gevoeligheid van de rassen voor tabaksratelvirus niet alleen via *P. pachydermus* te bepalen, maar dit ook uit te voeren met *P. teres* en *T. primitivus* als primaire vectoren.

Er was geen relatie tussen de hoeveelheid virus die in het loof werd gevonden en het optreden van **stengelbont** in datzelfde gewas. De hoogte van de virusconcentratie in het loof geeft ook geen goede voorspelling over de hoogte van de virusconcentratie in de nieuw gevormde knollen (dus over de vatbaarheid van het ras).

In de hier gekozen onderzoeksopzet konden **opbrengsteffecten** van virusbesmetting niet worden aangetoond omdat het aantal planten te gering was om daarover betrouwbare uitspraken te doen. Uit de resultaten van recent bekend geworden buitenlands onderzoek blijkt echter dat het tabaksratelvirus gedurende meerdere generaties via het pootgoed overgedragen kan worden en dat een dergelijke infectie tot aanzienlijke opbrengstderivingen kan leiden (afhankelijk van het ras liep de opbrengstderiving in dat onderzoek uiteen van 6 tot ruim 60 procent).

2 Inleiding

Aardappelen kunnen aangetast worden door tabaksratelvirus (Engels: tobacco rattle virus). Zowel in de Nederlandstalige als de Engelstalige literatuur wordt voor deze ziekte vaak de afkorting TRV gebruikt. Tabaksratelvirus behoort tot de zogenaamd 'grondgebonden' virussen en wordt overgedragen door aaltjessoorten die behoren tot de familie van Trichodoridae.

TRV komt niet alleen in aardappelen voor, maar heeft een zeer brede waardplantenreeks want het virus is geïsoleerd in méér dan honderd plantensoorten, waaronder vele gewassen en onkruiden (Huis in 't Veld, 1989). Naast aardappelen en tabak, worden onder andere ook erwten, suikerbiet, ui, stamslabonen, spinazie, peen, granen en meerdere bolgewassen (onder andere anemoon, tulp, gladiol, narcis, hyacint en krokus) aangetast. Ook groenbemestingsgewassen als gele mosterd en raaigrassen worden aangetast. Tot de onkruiden die aangetast kunnen worden door TRV, behoren veel voorkomende soorten als muur, akkerviooltje, klein kruiskruid, herderstasje en zwarte nachtschade. TRV kan met het zaad van sommige onkruidsoorten overgaan (Cooper, 1973). Sommige plantensoorten ondervinden weinig hinder van het virus, maar houden wel de viruspopulatie in stand. Binnen gewassen bestaan aanzienlijke rasverschillen in vatbaarheid en in (schade)gevoeligheid voor TRV.

2.1 Tabaksratelvirus

Tabaksratelvirus behoort, samen met het vroege verbruiningsvirus in erwten ('pea early browning virus' of PEBV) en het 'pepper ring spot virus', tot de groep van de tobavirussen. Van deze drie is tabaksratelvirus wereldwijd het meest verbreid (Brown, 1989). TRV bestaat uit één streng RNA verpakt in een eiwitmantel. Het RNA is onderverdeeld in lange en korte deeltjes. De lange deeltjes bevatten RNA voor de replicatie (ook wel aangeduid als RNA-1), korte deeltjes bevatten het RNA voor samenstelling van de eiwitmantel (ook wel aangeduid als RNA-2). Virus dat bestaat uit lange en korte deeltjes, wordt compleet of M-type genoemd. Zijn er alleen lange deeltjes aanwezig, dan gaat het om een incompleet virus of NM-type (Huis in 't Veld, 1989). Dit type kan niet worden overgebracht door nematoden.

De vele varianten van TRV kunnen onderverdeeld worden in serotypen. Serotypen verschillen van elkaar in reactie op verschillende antisera, zoals de ELISA toets (Brown, 1989; Ploeg, 1992). Binnen serotypen kunnen TRV-stammen (Engels: 'strains') worden onderscheiden, die een verschillende interactie met planten kunnen hebben.

Serologische detectie van TRV is niet eenvoudig. Doordat bij het NM-type de eiwitmantel ontbreekt is dat type met serologische toetsen (zoals ELISA) niet te detecteren en bij het M-type is serologische detectie lastig vanwege het grote aantal varianten van TRV. Sinds een aantal jaren is er een nieuwe detectietechniek beschikbaar in de vorm van PCR (Polymerase Chain Reaction). Met PCR kan TRV betrouwbaar aangetoond worden in o.a. het weefsel van aardappelknollen en in nematoden. Deze techniek is niet alleen veel gevoeliger dan serologische detectietechnieken, maar kan ook het NM-type (het virus zonder eiwitmantel), detecteren (Martin, 1998; van der Wilk, *et al*, 1994). Dit NM-type is gefixeerd in de plant omdat het, door het ontbreken van de eiwitmantel, niet door aaltjes overgedragen kan worden.

Aantasting door TRV kan leiden tot symptomen in boven- en soms ook ondergrondse delen van planten. In tabak treedt sterke necrose van het blad op en ontstaat bij in de wind bewegende bladeren het karakteristieke wat ratelende geluid, dat het virus zijn naam heeft bezorgd. Bolgewassen als anemoon, narcis en tulp, vertonen op het blad vaak kringen of strepen, die meestal evenwijdig lopen aan de nerven. Bij tulp kunnen in de bloem van roodbloeiende variëteiten donkere vlekken ontstaan en in lichtgekleurde bloemen meer witte en gele, wat doorschijnende strepen. Door de praktijk wordt dit aangeduid met de term "ratel". In gladiol ontstaan bij gevoelige rassen gezaagde bladranden ("kartelblad").

2.2 Trichodoriden

2.2.1 Algemeen

Trichodoride aaltjes zijn obligate ectoparasieten en behoren tot de geslachten *Trichodorus* en *Paratrichodorus*. In wat oudere literatuur wordt deze geslachten niet van elkaar onderscheiden omdat het geslacht *Paratrichodorus* pas sinds 1974 apart is benoemd. Er zijn momenteel vijftientig soorten Trichodoriden bekend, waarvan er zestien TRV overbrengen (Huis in 't Veld, 1989).

In de praktijk wordt voor deze groep aaltjes ten onrechte vaak de term “vrijlevende wortelaaltjes” gebruikt. Tot de vrijlevende wortelaaltjes behoren echter ook andere geslachten als *Paratylenchus*, *Longidorus* en *Rotylenchus*. In dit rapport wordt de term ‘vrijlevend wortelaaltje’ daarom niet gebruikt.

In Nederland komen tien soorten Trichodoriden voor, hiervan zijn *T. primitivus*, *T. similis*, *P. teres* en *P. pachydermus* het meest belangrijk (Molendijk, 1995). Al deze aaltjessoorten kunnen tabaksratelvirus overbrengen. In principe kennen Trichodoriden een geslachtelijke voortplanting, maar *P. teres* plant zich ongeslachtelijk voort. Er zijn zes verschillende ontwikkelingsstadia van het aaltje onderkend: ei, vier juveniele stadia en de adult (volwassen vorm).

2.2.2 Grondsoorten

Trichodoriden komen uitsluitend voor op zandgrond en lichte zavel. Dit heeft waarschijnlijk vooral te maken met de poriëngrootte in relatie tot de mobiliteit van de aaltjes. *P. teres* komt vooral voor op lichte mariene zand- en zavelgronden, met een afslibbaarheid tot 12 % en een organische stof gehalte tot 2 %. Dergelijke gronden zijn in Nederland vooral te vinden in de kuststreken, de Wieringermeer, de Noordoostpolder en Texel (toen het nog niet bekend was dat het om een nematode ging, werd aantasting door *P. teres* wel aangeduid als de Texelse ziekte). *T. primitivus* komt vooral voor op lichtere kleigrond tot 23% slib in het noorden van het land (Hartsema, 2000). *Paratrichodorus pachydermus* komt op vele plaatsen in Nederland op duin- en dekzandgronden voor (Ploeg *et al.* 1991; Brommer, 2005).

2.2.3 Voeding

Trichodoriden zijn polyfaag en hebben een brede waardplanten reeks. Deze aaltjes voeden zich op de epidermiscellen vlak achter de worteltoppen, maar bij aardappel, gladiol en anemoon ook op de jonge spruiten en knollen. Cellen die zijn aangeprikt en (geheel) zijn leeggezogen, sterven af. Bij een sterke aantasting worden veel aangrenzende cellen leeggezogen, waardoor een gehele wortel of wortelgedeelte kan afsterven. De plant reageert daarop door nieuwe wortels te vormen, waardoor een afgeknot en sterk vertakt wortelstelsel ontstaat. Vooral uien, bieten, rode bieten (kroten) en witlof zijn zeer gevoelig voor schade. Bij gewassen als bieten, witlof, peen en schorseneer neemt bovendien ook de hoeveelheid grondtarra aan de wortels toe (Huis in 't Veld, 1989).

Het voedingsgedrag van verschillende Trichodoriden is goed bestudeerd en de verschillende soorten lijken hierin sterk op elkaar (Huis in 't Veld, 1989). Bij een studie aan *P. anemones* (Karanastasi, 2003) zijn de volgende gedragsfasen onderscheiden:

- **wortel exploratie:** verplaatsing naar de wortels van de waardplant en vervolgens naar een (snel)groeiende gebied van de wortels.
- **verkenning** van de epidermiscellen via tastorganen.
- **bemonstering** van enkele cellen via de stekel, waarbij de celwand wel wordt doorboord maar nauwelijks of geen celinhoud wordt opgezogen.
- **de eigenlijke voedingsfase.** Hierbij worden eerst een aantal cellen doorboord, maar deze worden maar gedeeltelijk leeggezogen (incomplete voeding). Daarna volgt een intensieve periode waarin meestal 20 tot 30 opeenvolgende cellen vrijwel allemaal worden aangeprikt geheel worden leeggezogen (complete voeding). In deze voedingsfase worden de volgende subprocessen onderkend: doorboring van de

celwand, speekselafgifte naar de cel en vorming van een speeksel-cytoplasma mengsel, inname van dit mengsel en terugtrekking vanuit de al of niet leeggezogen cel.

2.2.4 Schadelijke dichtheden

Schade door Trichodoride aaltjes wordt sinds de jaren vijftig onderkend. Nadat natte grondontsmetting opgang had gemaakt, namen de problemen met Trichodoriden in de jaren zestig sterk af. Nu er minder vaak ontsmet mag worden (vanaf 2000 maximaal éénmaal per vijf jaar), bestaat het gevaar dat het aantal Trichodoriden vooral op lichte gronden toeneemt en dat daardoor ook TRV sterker kan worden verspreid. De mate waarin schade wordt veroorzaakt hangt van verschillende factoren af. Allereerst van het type schade: direct in de vorm van opbrengstderving en/of kwaliteitsverlies of indirect doordat tabaksratelvirus wordt overgebracht. Uiteraard is het aantal aaltjes van belang (de begindichtheid van de populatie of P_i), maar daarnaast ook de mate van mobiliteit en de groeisnelheid van het gewas. Uit PPO onderzoek van de afgelopen jaren met *Paratrichodorus teres* blijkt dat opbrengstschade bij schadegevoelige gewassen veelal ontstaat bij 25 of méér aaltjes per 100 ml grond, maar kwaliteitschade ontstaat al bij aantallen van 15 tot 20 aaltjes per 100 ml grond. Indirecte schade, in de vorm van overdracht van TRV, kan al optreden bij enkele aaltjes per 100 ml grond (Hartsema *et al*, 2001).

2.3 Trichodoride – Tabaksratelvirus associatie

Trichodoriden kunnen TRV overbrengen van de ene plant(ensoort) naar de andere. Er is echter een grote mate van specificiteit tussen aaltje en virus, waardoor een bepaalde aaltjessoort slechts een beperkt aantal varianten van het virus over kan brengen. In eerste instantie werd verondersteld dat één aaltjessoort één bepaald TRV-serotype over zou brengen. Later werd echter duidelijk dat één aaltjessoort meerdere stammen kan overbrengen en dat er tussen stammen die serologisch sterk op elkaar lijken, toch verschil in overdraagbaarheid kan zijn (Ploeg *et al*, 1996). Deze specificiteit wordt wat het virus betreft bepaald door RNA-2 en is daarmee verbonden aan de eigenschappen van de eiwitmantel van het virus en een ‘helper-eiwit’ (te beschouwen als een soort lijmfactor) (Visser, 2000).

Eén van de gevolgen van de specificiteit tussen aaltje en virus, is dat resistentiecijfers tegen kringrigheid van de aardappelrassen niet algemeen geldig hoeven te zijn. Deze cijfers zijn in Nederland vooral bepaald in proeven met *P. pachydermus*. Het is daardoor onzeker of deze cijfers ook gelden voor percelen waar andere Trichodoriden (bijv. *P. teres* en *T. primitivus*) voorkomen, omdat deze aaltjessoorten mogelijk andere stammen van het TRV overbrengen (Hartsema *et al*, 2000).

Bij het overdrachtproces van TRV door het aaltje zijn vier verschillende fasen te onderkennen (Karanastasi and Brown, 2004):

1. **opname:** als er tijdens het voedingsproces virus in een plantencel aanwezig is, dan kan dit (passief) meegenomen worden bij de opname van het mengsel van speeksel en cytoplasma.
2. **hechting:** als er sprake is van de juiste combinatie van aaltje en virusstam, dan vindt een proces van actieve hechting plaats op receptorplaatsen op de slokdarmwand. Bij de vervelling van juveniele stadia wordt onder andere ook de slokdarmwand afgeworpen, waardoor de nematode het virus kwijtraakt en niet meer infectieus is (Huis in 't Veld, 1989).
3. **rustfase:** TRV vermeerdert zich niet in het aaltje, maar kan daar wel lange tijd aanwezig blijven. Bij een rustfase van het aaltje kan deze retentieperiode twee tot drie jaar duren (Huis in 't Veld, 1989).
4. **feitelijke overdracht:** als een cel door het aaltje wordt aangeprikt en voeding plaatsvindt, dan kunnen virusdeeltjes loslaten van de slokdarmwand en vervolgens naar de plantencel worden overgebracht met het speeksel.

Plantenvirussen– en dus ook TRV – kunnen zich alleen handhaven en vermeerderen in levende cellen. Cellen waarvan al het cytoplasma wordt opgezogen (inclusief de celkern) sterven echter binnen enkele minuten af, zodat eventueel overgedragen virus geen kans maakt op overleving. Als er echter slechts een beperkt deel van het cytoplasma wordt opgezogen en de celkern achterblijft (onvolledige voeding), kan de cel overleven. Indien er door het aaltje virus is overgedragen, dan kan dit zich in de desbetreffende plantencel handhaven

en vermenigvuldigen. Nieuw gevormde virusdeeltjes kunnen vervolgens door plasmodesmata naar aangrenzende cellen migreren, waarna ook daar vermeerdering van virus kan plaatsvinden omdat deze cellen – als ze niet door een aaltje zijn aangeprikt – nog volledig functioneren (Karanastasi *et al*, 2003).

2.4 Tabaksratelvirus in aardappelen

Tabaksratelvirus veroorzaakt in de knollen van gevoelige aardappelenrassen een karakteristieke roodbruine, aantasting waarbij het weefsel een wat kurkachtige structuur lijkt te vertonen. Afhankelijk van de rasgevoeligheid worden daarbij door een overgevoeligheidsreactie kleine tot grotere necrotische vlekken, bogen of kringen gevormd. Aan deze laatste, ernstige, aantastingvorm heeft aantasting de naam 'kringerigheid' te danken. In de Engelstalige literatuur wordt deze knolaantasting aangeduid met de termen 'spraing' of 'corky ringspot' (vaak afgekort tot CRS). Afbeelding 1 geeft een voorbeeld van een inwendige knolaantasting door kringrigheid.



Afbeelding 1. Kringrigheid in een aardappelknol.

De symptomen van tabaksratelvirus doen zich meestal alleen in de knol voor en zijn dan alleen na het doorsnijden zichtbaar. Vooral bij ernstige aantasting zijn de kringen echter ook wel door de schil heen uitwendig waarneembaar. In Nederland wordt bij de teelt van pootgoed voor de klassen S, SE, E en A een norm van 6 procent aangetaste knollen gesteld. Komt het percentage knollen met kringrigheid daarboven, dan volgt declassering naar klasse C (norm: 25 % knollen met kringrigheid) of afkeuring. Bij de consumptieteelt wordt door afnemende partijen vaak een norm van 2 procent door kringrigheid aangetaste knollen gehanteerd (persoonlijke mededeling K. Bus). Bij zetmeelaardappelen zijn voor kringrigheid (nog) geen normen gesteld.

Soms worden ook bovengrondse delen aangetast in de vorm van het zogenaamde stengelbont (Engelse term: 'stem mottle'). Daarbij ontstaan in het blad afwisselend groene en lichtgroene tot gele vlekken of bogen. Deze symptomen zijn echter lang niet altijd aanwezig en voorzover ze te onderkennen zijn, kunnen ze gemakkelijk verward worden andere virusziekten die bij aardappelen vergelijkbare 'bontachtige' symptomen veroorzaken.

Aardappelbladeren kunnen door TRV ook wat misvormd raken en (enige) necrose vertonen. Bij sommige rassen kunnen de stengels sterk beperkt worden in lengtegroei. Meestal is de aantasting van stengelbont beperkt tot één of enkele stengels per plant en zijn de symptomen onduidelijk. Afbeelding 2 geeft een voorbeeld van aantasting door stengelbont in aardappel, maar vaak zijn de symptomen minder goed te zien.



Afbeelding 2. Stengelbont ten gevolge van TRV in aardappel.

2.4.1 Secundaire besmetting en symptoomloze dragers

De negatieve gevolgen van aantasting door TRV voor de kwaliteit waren al lang bekend want bij (een ernstige mate van) kringerigheid kunnen pootgoed- of consumptiepartijen gedeclasseerd of geweigerd worden. Tot enige jaren geleden werd echter aangenomen dat TRV in aardappelen nauwelijks of geen negatief effect op de opbrengst had.

Ook werd verondersteld dat de gevolgen van TRV in pootgoed op langere termijn relatief beperkt zouden zijn. Knollen met kringerigheidssymptomen leveren namelijk maar in geringe mate aardappelplanten op die stengelbont vertonen. Van deze planten met stengelbont, heeft maar een zeer beperkt deel van de nieuw gevormde knollen opnieuw kringerigheid en planten zonder stengelbont zouden geen knollen met kringerigheid produceren. TRV werd daarom beschouwd als een “zelf eliminerende” ziekte in aardappelpootgoed omdat, bij afwezigheid van nieuwe primaire infecties door aaltjes, werd verondersteld dat de fractie knollen met kringerigheid in de loop der jaren steeds verder zou dalen (Xenophontos *et al*, 1998).

De laatste jaren komen er steeds meer aanwijzingen dat de hierboven omschreven veronderstellingen niet juist zijn. Recent onderzoek heeft aannemelijk gemaakt dat TRV, in veel sterkere mate dan eerder werd gedacht, in staat is om vanuit een geïnfecteerde knol een daaruit voortkomende plant te besmetten. Dergelijke aangetaste planten vertonen slechts zelden (en dan vaak in geringe mate) stengelbont. Bovendien zouden systemisch geïnfecteerde aardappelplanten het virus toch (meer) kunnen overdragen aan dochterknollen dan eerst werd gedacht. De aangetaste dochterknollen zouden op hun beurt niet altijd kringerigheid vertonen (waarschijnlijk omdat de kringerigheidssymptomen alleen voorkomen bij rassen die zeer gevoelig zijn voor het virus). Bij gebruik als pootgoed zouden ‘secundair’ besmette dochterknollen opnieuw besmette planten kunnen opleveren (Xenophontos *et al*, 1998; Dale *et al*, 2000).

Het lijkt er dus op dat er zowel aardappelplanten als -knollen zijn die TRV bevatten, maar geen symptomen (respectievelijk stengelbont en kringerigheid) vertonen: de zogenaamde 'symptoomloze dragers'. Dit fenomeen zou ook voor kunnen komen bij rassen met een redelijk tot goede resistentie tegen kringerigheid. In onderzoek met dergelijke rassen en genotypen. bleek dat in symptoomloze knollen gemiddeld bij 13% van de knollen tabaksratelvirus aangetoond kon worden (Crosslin *et al*, 1999). Dat TRV altijd 'zelf eliminerend' zou zijn, lijkt gezien deze onderzoeksresultaten onjuist, omdat deze stelling is gebaseerd op de zichtbare symptomen in de vorm van kringerigheid, terwijl een deel van de knollen het virus wellicht bij zich draagt zonder symptomen te vertonen. Symptoomloze knollen die als pootgoed worden gebruikt kunnen mogelijk bijdragen aan de verspreiding van het virus, omdat ze bij de juiste combinatie van (virus)type en aaltje, en aanwezigheid van het manteleiwit (zie paragraaf 2.3) zouden kunnen leiden tot besmetting van percelen die eerder vrij waren van TRV. Dit is bij sommige gewassen aangetoond, maar nog niet bij aardappel (persoonlijke mededeling F. Zoon).

2.4.2 Opbrengstderving bij secundaire besmetting

De laatste jaren zijn er gegevens beschikbaar gekomen waaruit blijkt dat secundaire aantasting met TRV bij sommige rassen, kan leiden tot (aanzienlijke) opbrengstderving. Daarnaast verandert door een TRV infectie de maatsortering doordat er méér kleine knollen worden gevormd en is de bakkleur van het product vaak slechter (Dale *et al*, 2000). Bij recent onderzoek met rassen met een redelijke resistentie tegen kringerigheid werd duidelijk dat, afhankelijk van de rasgevoeligheid, de totale knolopbrengst met 6 tot 60% kon dalen. Gemiddeld over negen rassen was de opbrengstderving in dat onderzoek 27%. Daarnaast was er een negatieve invloed op de knolkwaliteit want bij TRV infectie steeg het aantal knollen met groeischeuren, het aantal misvormde knollen en het aantal kleine knollen en werd daarnaast de kookkleur van het product minder goed. Deze effecten deden zich zelfs voor bij de 3^e generatie nádat de primaire infectie (met *P. pachydermus* als vector) met TRV had plaatsgevonden (Dale *et al*, 2004). In dit onderzoek werden bovendien bij geen enkel ras knollen gevonden met kringerigheid. Waardoor werd aangetoond dat de afwezigheid van (goed waarneembare) symptomen in de knol en aanzienlijke opbrengstreducties door TRV goed kunnen samengaan.

2.4.3 Probleemstelling

De laatste jaren werd duidelijk dat tabaksratelvirus vaker voorkwam dan eerder werd gedacht. Zo werd eind jaren negentig bij ongeveer tien procent van een groot aantal pootgoedpartijen uit Duitsland en Nederland (via PCR) aantasting door tabaksratelvirus in de knol vastgesteld (Martin, 1998). Tot nu toe werd aangenomen dat tabaksratelvirus vrijwel uitsluitend door Trichodoriden wordt overgebracht (primaire infectie) en dat overdracht via pootgoed (secundaire infectie) nauwelijks van belang was. Gezien datgene wat in paragraaf 2.4.1 is vermeld, lijken secundaire infecties met TRV echter veel belangrijker te zijn dan tot voor kort werd aangenomen. Bovendien komen er steeds meer aanwijzingen dat aantasting door TRV, ook zonder symptoomexpressie in de knollen (kringerigheid), kan leiden tot (aanzienlijke) opbrengstderving (zie paragraaf 2.4.2).

Nu de mogelijkheden van bestrijding via natte grondontsmetting vanaf 2000 zijn ingeperkt, wordt bestrijding van de vector (aaltjes) moeilijker en daardoor wordt het tegengaan van de verspreiding van TRV via pootgoed nog belangrijker. **TRV in aardappelen is daarmee een belangrijk en (potentieel) groeiend probleem, zowel voor de pootgoed- als de consumptieteelt.**

In 2000 heeft het HPA aan het PPO (toen nog PAV geheten) gevraagd om onderzoek te doen naar de aanwezigheid van TRV in aardappelrassen. Het onderzoek is gefinancierd door HPA en de Stichting Proefboerderij Prof. Dr. D.J.M. van Bemmelenhoeve.

Het onderzoek had (oorspronkelijk) de volgende doelstellingen:

1. verkrijgen van inzicht in de relatie tussen TRV en de symptoomexpressie in loof en knol.
2. nagaan of secundaire besmetting (= besmetting via pootgoed) met TRV leidt tot opbrengstreductie. Vooral bij niet-geïnfecteerde planten was er echter vaak heel weinig pootgoed beschikbaar. De veldjes met niet-geïnfecteerde (controle)planten werden daardoor te klein om betrouwbare uitspraken te kunnen doen over opbrengstverschillen tussen geïnfecteerde en niet-geïnfecteerde planten.
3. vaststellen van de mate van TRV overdracht naar dochterknollen, om de risico's van besmet pootgoed beter in beeld te krijgen. Er is geen budget voor onderzoek naar de opname van TRV door vectoraaltjes vanuit besmette aardappelplanten.

Het PPO onderzoek is uitgevoerd tussen 2000 en 2004 met zes rassen en drie voor Nederland belangrijke Trichodoriden die TRV kunnen overbrengen. Dit projectrapport doet verslag van het onderzoek. In hoofdstuk 3 wordt ingegaan op de methoden en materialen. Hoofdstuk 4 geeft de (belangrijkste) resultaten en hoofdstuk 5 is gewijd aan conclusies en discussie.

3 Materiaal en methoden

Het onderzoek is door het PPO uitgevoerd tussen 2000 en 2004 met drie, voor Nederland belangrijke, Trichodoriden die TRV kunnen overbrengen. Het onderzoek is uitgevoerd met zes aardappelrassen waarvan bij het rassenonderzoek is vastgesteld dat er verschillen zijn in vatbaarheid voor kringrigheid. Het gaat om de volgende zes rassen: Bintje, Roxy, Santana, Santé, Saturna en Wilja.

Deze rassen zijn gekozen omdat ze (sterk) verschillen in vatbaarheid voor kringrigheid en in de praktijk behoorlijk tot veel geteeld worden. Het onderzoek is uitgevoerd met drie Trichodoriden die in Nederland het meest belangrijk zijn: *Paratrichodorus pachydermus*, *Paratrichodorus teres* en *Trichodorus primitivus*.

Het onderzoek is, per aaltjesvector, in hoofdlijnen als volgt opgezet:

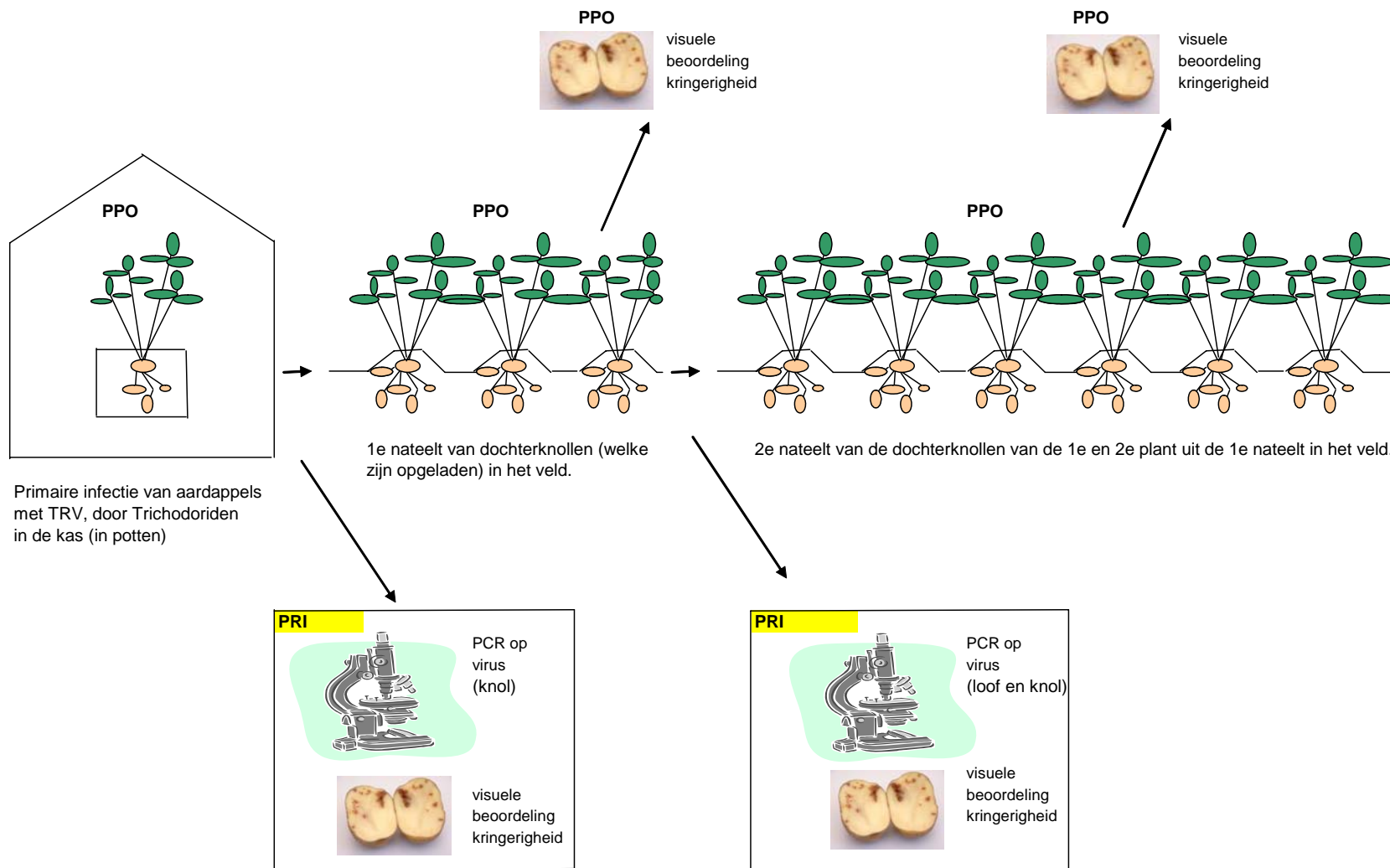
1. verzamelen van inoculumgrond en toetsen op vectorsoort en TRV infectiedruk.
2. telen van **moederplanten** in de kas in potten in besmette inoculumgrond ("knollen opladen"). Niet-geïnfecteerde moederplanten opgekweekt in schone grond dienen als virusvrije controle. Geogste knollen worden gebruikt voor kringrigheidsbeoordeling en PCR toetsing op virus en als uitgangsmateriaal voor de eerste nateelt.
3. **eerste nateelt**: in het veld telen van planten uit dochterknollen van de moederplanten planten uit onderdeel 2. Geogste knollen gebruiken voor toetsing op aanwezigheid van virus via PCR, als uitgangsmateriaal voor tweede nateelt en voor een bepaling van kringrigheid.
4. **tweede nateelt**: in het veld telen van planten uit dochterknollen van de eerste nateelt. Geogste knollen gebruiken ter bepaling van kringrigheid.

Het voorgaande wordt geïllustreerd in afbeelding 3 op de volgende bladzijde.

In tabel 1 wordt een meer gedetailleerd overzicht gegeven van de verschillende onderdelen van het onderzoek bij de drie vectoraaltjes in de verschillende jaren.

Tabel 1. **Onderzoekschema per vectoraaltje.**

jaar \ aaltje	<i>P. pachydermus</i>	<i>P. teres</i>	<i>T. primitivus</i>
2000	opkweek en infectie moederplanten		
2001	eerste nateelt	opkweek en infectie moederplanten	
2002	tweede nateelt	eerste nateelt	opkweek en infectie moederplanten
2003		tweede nateelt	eerste nateelt
2004			tweede nateelt



Afbeelding 3. TRV-onderzoek in de loop van de tijd.

3.1 Toetsing inoculumgrond op TRV infectiedruk (MPN-toets)

De infectiedruk van het TRV in de grond wordt met de zogenaamde MPN-toets bepaald. In het kort komt het er op neer dat Petuniaplanten bij 20 ° C en 14 tot 16 uur licht wordt gekweekt op schoon zand, gemengd met potgrond. Van de te testen inoculumgrond wordt een 'verdunningsreeks' gemaakt door deze grond in wisselende verhoudingen te mengen met zand (bijvoorbeeld een verdunningsreeks van 1:1, 1:3 en 1:6). Ongeveer 6 weken na het uitzaaien worden Petunia planten in elke verdunning geplant (1 Petunia plant per pot; zo mogelijk meerdere herhalingen). Trichodorus aaltjes kunnen gemakkelijk TRV overdragen aan de wortels van de Petunia (deze dient hier als 'vangplant'). Na 10 tot 11 weken worden de wortelstelsels van de Petunia uitgespoeld en het sap wordt uitgeperst (ter controle ook van niet besmette Petunia wortels). Het wortelsap van de Petunia's wordt op bladeren van indicatorplanten, *Chenopodium amaranticolor* (een ganzevoetsoort) gesmeerd. Bij aanwezigheid van TRV vertonen deze bladen na een kleine week lesies. In afbeelding 4 worden twee van deze toetsplanten getoond.



Afbeelding 4. *Chenopodium amaranticolor* met lesies op enkele bladeren.

Indien het te verwachten serotype bekend is kan eventueel ELISA worden gebruikt i.p.v. indicatorplanten. Naarmate er méér planten ziek zijn is de TRV-infectiedruk in de grond hoger. Bij gebruik van verschillende 'verdunningen' van de grond kan een brede reeks aan dichtheden worden geschat op grond van het aantal positieve en negatieve vangplanten. De resultaten hiervan kunnen ingevoerd worden in het statistisch programma GENSTAT, waarna via de procedure 'Dilution' de zogenaamde MPN (oftewel 'Most Probable Number') wordt berekend. Dit is het meest waarschijnlijke aantal infectieuze aaltjes per eenheid grond, met een daarbij behorend betrouwbaarheidsinterval. Hoe meer petunia's en hoe beter passend de verdunningsreeks, des te beter de schatting van de MPN.

Inoculumgronden

- *P. pachydermus*: er is in april 2000 inoculumgrond met daarin een zuivere populatie van dit aaltje opgehaald van locatie Overloon. Deze grond is gemengd in drie clusters en per cluster is 5 liter grond naar PRI gebracht voor toetsing op de infectiedruk met TRV via de MPN-methode (zie volgende bladzijde). Volgens Plant Research International (PRI) was er geen TRV in deze grond aanwezig. Daarom zijn bij PRI petunia's gekweekt die opgeladen zijn met TRV-PPK20. Deze planten zijn in juni 2000 naar het PPO-agv gebracht en daar op de 300 liter grond verspeend. Na drie weken werd aangenomen dat *P. pachydermus* aaltjes in deze grond voldoende virus van de Petunia's hadden opgenomen. De grond is vervolgens als 'inoculumgrond' gebruikt bij de opkweek van de aardappelen. De knollen zijn in potten gepoot en verder in de kas opgekweekt.

- *P. teres*: de inoculumgrond is in april 2001 opgehaald op locatie Slootdorp en dezelfde maand via MPN getoetst op virusdruk. De uitslag van MPN was 0.13 per 400 ml (95% betrouwbaarheidsinterval: 0.1-1.3). Dit houdt in dat de infectiedruk van het virus laag was (persoonlijke mededeling F. Zoon).
- *T. primitivus*: inoculumgrond is in april 2002 opgehaald op locatie Zoutkamp en dezelfde maand via MPN getoetst op virusdruk. De uitslag van MPN was 2.7 per 400 ml (95% betrouwbaarheidsinterval: 1.3 – 4.8). Dit houdt in dat de TRV-infectiedruk matig was (persoonlijke mededeling F. Zoon).

3.2 Opkweek en infectie moederplanten

De aardappelplanten zijn geteeld op witte 12 liter potten die (groten)deels gevuld waren met inoculumgrond en voor de rest met kwartszand. Voor een gedetailleerde beschrijving van deze methode wordt verwezen naar de werkwijzer “Uitvoering inzetten opladen aardappelplanten” van het PPO.

Er werd één knol per emmer gepoot. De emmers werden vervolgens in een kascompartiment geplaatst, waarbij de nachttemperatuur op 15 °C en dagtemperatuur op 18 tot 20 °C werd ingesteld, bij 16 uren licht. De planten werden ná opkomst bemest met 250 cc Kristalon oplossing (2 gram per liter) per emmer. Indien nodig werd een bladbespuiting met mangaan- of magnesiumoplossing uitgevoerd. Ziekten en plagen werden indien nodig chemisch bestreden. In 2000 (“opladen met virus via *P. pachydermus*) werden de aardappelen gepoot op 24 juli en de werd geogst op 23 november. In 2001 (“opladen” met virus via *P. teres*) werd gepoot op 18 en 19 juni en geogst op 24 oktober. In 2002 (“opladen” met virus via *T. primitivus*) werd gepoot op 26 juni en geogst op 7 en 8 oktober.

Beoordeling op kringerigheid door PRI (knollen van moederplanten en van de eerste nateelt)

Van de moederplanten werden knollen apart gehouden en naar PRI gestuurd om PCR mee uit te voeren. De onderzochte knollen zijn bij PRI overlans doorgesneden waarna het knoloppervlak visueel is beoordeeld op de mate waarin kringerigheid voorkwam. In tabel 2 wordt de wijze van knolbeoordeling weergegeven.

Tabel 2. **Beoordeling op kringerigheid van aardappelknollen**

percentage verkleurd knoloppervlak	score op kringerigheid
0	0
1 – 2	1
3 – 6	2
7 – 15	3
16 – 40	4
> 40	5

Hieruit werd door PRI een gemiddelde kringerigheidindex per knol berekend. Afhankelijk van deze indexwaarde is de mate van symptoomvorming omschreven zoals in tabel 3 is aangegeven. Een gemiddelde van groter dan 1 werd als sterke symptoomontwikkeling bestempeld omdat bij dit niveau al veel opvallende knollen gevonden worden, waardoor een partij in de praktijk zou gedeclasseerd zou worden. In de proef was het hoogste gemiddelde 1.6, waardoor verder onderscheid ook niet zinvol was.

Tabel 3. **Beoordeling symptoomvorming van kringerigheid van aardappelknollen**

gemiddelde knolindex kringerigheid	mate van symptoomvorming
0	Geen
0 – 0.5	Weinig
0.5 – 1.0	Matig
> 1.0	Sterk

Korte beschrijving van de PCR-methode

Tabaksratelvirus bestaat uit RNA verpakt in een eiwitmantel (zie paragraaf 2.1). De aanwezigheid van TRV kan worden aangetoond via een specifieke toets op het virus-RNA. Dit RNA wordt via een speciale techniek eerst omgezet in DNA (omgekeerde transcriptie oftewel 'reverse transcription'). Een deel van het dan gevormde complementaire DNA (c-DNA) wordt vervolgens in een aantal cycli via een speciale techniek (PCR, Polymerase Chain Reaction) vermenigvuldigd, waardoor een exponentiële toename van dit (virusspecifieke) DNA tot stand komt omdat de hoeveelheid DNA met elke stap nagenoeg wordt verdubbeld. Na verloop van een aantal reactiecycli is er zoveel DNA aanwezig, dat dit of op een agarose-gel zichtbaar gemaakt kan worden of via specifieke fluorescentie-probe technieken zichtbaar wordt. Deze laatste techniek is in dit onderzoek door PRI gebruikt (real-time kwantitatieve Taqman-RT-PCR). Met de gebruikte primers en probe wordt RNA-1 van TRV isolaten van verschillende vectorsoorten aangetoond (F.Zoon persoonlijke mededeling) Het eerder passeren van de fluorescentie-drempel, wijst op een groter aantal virusdeeltjes in het monster aan het begin van de reactie en dus op een hogere concentratie in het getoetste plantensap. De \log^{10} waarde van het aantal virusdeeltjes per liter plantensap is via een ijkfunctie afgeleid uit het aantal cycli dat nodig was voor significante fluorescentie. In het hoofdstuk 4 worden de resultaten hiervan per ras, gemiddeld per afzonderlijke moederplant gegeven. De gemiddelde \log^{10} waarde per ras van de virusconcentratie in het plantensap is vervolgens gebruikt om de mate van vatbaarheid te omschrijven (zie onderstaande tabel).

Tabel 4. **Classificatie vatbaarheid voor tabaksratelvirus gezien de virusconcentraties**

Omschrijving vatbaarheid	Gemiddelde \log^{10} van het aantal TRV deeltjes per liter	Overeenkomend absoluut aantal virusdeeltjes per liter
Onvatbaar	< 0.7	< 5
weinig vatbaar	0.7 – 1.0	5 - 10
Matig vatbaar	1.0 – 2.5	10 - 316
zeer vatbaar	> 2.5	> 316

3.3 Eerste nateelt

Van elk aardappelras en bij elk vectoraaltje is een gedeelte van de knollen van de wel en van de niet primair aan vectoraaltjes blootgestelde moederplanten het volgende jaar uitgepoot op een proefveld bij het PPO-AGV in Lelystad. Op deze grond komen vanwege de zwaarte bij voorbaat geen Trichodoriden voor, zodat primaire infectie in de eerste en de tweede nateelt is uitgesloten.

Onderstaand wordt aangegeven om welke lutumpercentages het op de verschillende percelen ging:

- onderzoek in 2001 op perceel C4: 16 % lutum
- onderzoek in 2002 op perceel A8: 23 % lutum
- onderzoek in 2003 op perceel A12: 21 % lutum
- onderzoek in 2004 op perceel C1: 14 % lutum

Het uit de knollen gegroeide gewas (en de knollen die dit gewas heeft gevormd) wordt in dit projectrapport aangeduid met de term "eerste nateelt". De proefveldschema's van de drie veldproeven voor deze eerste nateelt zijn weergegeven in de bijlagen 7.1, 7.3 en 7.5 (jaren 2001, 2002 en 2003).

Bemesting, onkruidbestrijding en bestrijding van ziekten en plagen werden uitgevoerd zoals dat in de praktijk gebruikelijk is. De eerste nateelt van vector *P. pachydermus* vond plaats in 2001. Voor deze proef werd op 9 april 180 kg N per ha gestrooid, waarna op 10 mei handmatig werd gepoot. De oogst is uitgevoerd op 28 en 29 september. De eerste nateelt van vector *P. teres* werd uitgevoerd in 2002. Deze proef werd handmatig gepoot op 22 april en op 7 mei werd 135 kg N per ha gestrooid. De proef werd op 1, 2 en 3 oktober geoogst. De eerste nateelt van vector *T. primitivus* vond plaats in 2003. Voor deze proef werd op 22 april 180 kg N per ha gestrooid, waarna handmatig werd gepoot op 6 mei. De oogst vond plaats op 15 september.

Van het loof van deze nateelt zijn monsters genomen, die door PRI zijn getoetst op aanwezigheid van tabaksratelvirus. Bij de eerste (en bij de tweede) nateelt werd elke plant afzonderlijk, handmatig geoogst. Ná de oogst werden de knollen gesorteerd (sortering knoldiameter in mm: kleiner dan 28, 28-35, 35-45, 45-55, 55-65, groter dan 65) en werd het aantal van elke sorteerklassen geteld en gewogen.

De knollen van de eerste nateelt zijn als volgt gebruikt:

- een beperkt aantal is verzonden naar PRI voor toetsing op tabaksratelvirus en beoordeling op kringerigheid. De knollen zijn op het PRI doorgesneden en beoordeeld op kringerigheid (methodiek: zie vorige bladzijde). Vervolgens werden er monsters uit het knolweefsel genomen voor de PCR metingen.
- een gedeelte is achtergehouden als pootgoed voor het volgende jaar (tweede nateelt).
- bij een deel van de resterende knollen is door PPO een visuele beoordeling op kringerigheid uitgevoerd.

3.4 Tweede nateelt

Van elk ras en bij elk vectoraaltje is een gedeelte van de knollen afkomstig van de eerste nateelt van besmette- en controlepartijtjes het jaar daarop uitgepoot op een proefveld bij het PPO-AGV in Lelystad. Het gewas dat daaruit groeide wordt in dit projectrapport aangeduid met de term “tweede nateelt”. De proefveldschema’s van de veldproeven zijn voor de drie vectoraaltjes en voor de eerste nateelt weergegeven in de bijlagen 7.2, 7.4 en 7.6 (jaren: 2002, 2003 en 2004). Net als bij de eerste nateelt werd bij de tweede nateelt bemesting, onkruidbestrijding en bestrijding van ziekten en plagen uitgevoerd zoals dat in de praktijk gebruikelijk is. De tweede nateelt van vector *P. pachydermus* vond plaats in 2002. De proef werd op 22 april gepoot, waarna op 7 mei 135 kg N per ha werd gestrooid. Er werd geoogst op 1, 2 en 3 oktober. De tweede nateelt van vector *P. teres* vond plaats in 2003. Voor deze proef werd op 22 april 120 kg N per ha gestrooid, waarna op 6 mei werd gepoot en op 16 september werd geoogst. De tweede nateelt van vector *T. primitivus* is in 2004 uitgevoerd. Voor de proef werd op 3 mei 120 kg N per ha gestrooid. Er werd op 4 mei gepoot en op 24 september geoogst. Ná de oogst werden de knollen net als bij de eerste nateelt gesorteerd en voor een deel (ná de bewaring) beoordeeld op kringerigheid.

3.5 Beoordeling op kringerigheid door PPO

Bij een gedeelte van de knollen die niet voor PCR waren bestemd, is ná de eerste en de tweede nateelt een waarneming op kringerigheid uitgevoerd. Daartoe zijn per ras en per vector een wisselend aantal knollen overlangs doorgesneden (het exacte aantal doorgesneden knollen wordt in de tabellen vermeld) en als volgt beoordeeld op kringerigheid:

1. al of niet aanwezig zijn van symptomen. Hieruit kon een percentage aangetaste knollen worden berekend.
2. beoordeling van de mate van aantasting (niet, licht, matig, zwaar. Voor een gedetailleerde beschrijving van de werkwijze en de manier van beoordelen wordt verwezen naar het PPO-AGV protocol “Aantasting kringerigheid door Tabaksratelvirus in aardappel”. Met deze gegevens is niet alleen het percentage aangetaste knollen berekend, maar is ook de mate van aantasting via een index weergegeven. Deze kringerigheidsindex heeft een schaal van 0 (geen enkele knol met kringerigheid) tot 100 (alle knollen zwaar aangetast) en is als volgt berekend:

$$\left[\frac{(\# \text{ knollen niet aangetast} * 0) + (\# \text{ knollen licht aangetast} * 1) + (\# \text{ knollen matig aangetast} * 2) + (\# \text{ knollen zwaar aangetast} * 3)}{\text{totaal aantal knollen} * 3} \right] * 100.$$

De PPO beoordelingen op kringerigheid hebben plaatsgehad bij:

- *P. pachydermus*: eerste nateelt op 27 mei 2002; tweede nateelt op 3 april 2003.
- *P. teres*: eerste nateelt op 20 oktober 2003; tweede nateelt op 12 en 13 juli 2004.
- *T. primitivus*: eerste nateelt op 9 en 13 september 2004; tweede nateelt op 29 november 2004.

De beoordeling op kringerigheid door het PPO heeft plaatsgevonden na (langdurige) bewaring van de knollen. Tijdens bewaring kunnen de symptomen van kringerigheid toenemen (Mølgaard, *et al*, 1996; ervaringen in het rassenonderzoek aardappelen (persoonlijke mededeling O. Hartsema). Dit is echter niet onomstreden, want er zijn ook aanwijzingen dat kringerigheid tijdens de bewaring weinig of niet toeneemt (Ryden, *et al*, 1994).

4 Resultaten

De resultaten van de drie vectoraaltjes worden afzonderlijk behandeld. Allereerst wordt in paragraaf 4.1 ingegaan op *Paratrichodorus pachydermus*, daarna worden in paragraaf 4.2 de resultaten van *Paratrichodorus teres* behandeld en in paragraaf 4.3. komen de resultaten van *Trichodorus primitivus* aan de orde.

In de tabellen zijn per ras en per moederplant (opkweekjaar in de kas) of voor de nakomelingen van een moederplant (eerste náteelt) de volgende gegevens opgenomen:

- het plantnummer, zijnde het nummer van de **moederplant** waarvan de knollen of loof afstammen
- het aantal knollen waarop PCR en een kringerigheidsbeoordeling is uitgevoerd
- het percentage knollen dat bij visuele beoordeling kringerigheid vertoonde
- het percentage knollen waarin met behulp van de PCR techniek TRV kon worden aangetoond
- de classificatie van de kringerigheidssymptomen
 - het minimum aantal knollen met symptomen
 - het maximum aantal knollen met symptomen
 - het gemiddelde score voor kringerigheid (PRI-index: schaal 0 – 5, zie tabel 3)
- het aantal TRV deeltjes dat kon worden aangetoond per µliter plantensap:
 - minimum aantal TRV deeltjes
 - maximum aantal TRV deeltjes
 - gemiddeld aantal TRV deeltjes
 - gemiddelde van de \log^{10} van het aantal TRV deeltjes

Door de \log^{10} van het aantal virusdeeltjes te berekenen en dit vervolgens te middelen, wordt een gemiddelde per moederplant van deze log-waarden verkregen. Dit gemiddelde wordt minder beïnvloedt door enkele uitzonderlijke hoge meetwaarden dan het direct rekenkundig gemiddelde. Vervolgens zijn onder in elke tabel van voornoemde gegevens de gemiddelden per ras en teelt (kasteelt of náteelt) weergegeven.

Bij de meeste rassen is niet bij alle knollen van de moederplanten PCR uitgevoerd. Allereerst omdat er soms vrij weinig knollen van een bepaalde moederplant beschikbaar waren en de bestemming als pootgoed voor de volgende generatie de prioriteit had boven gebruik als monster voor PCR-metingen. Daarnaast waren er te weinig financiële middelen om nakomelingen van alle moederplanten te toetsen. Daarom ontbreken in de tabellen bij sommige (moeder)plantnummers de PCR resultaten.

Ondanks dat de bij de PCR gebruikte monsterpers steeds goed is schoongemaakt, is het toch mogelijk dat er via deze pers enige virusoverdracht heeft plaatsgevonden van het ene monster naar het andere. Dit kan leiden tot uitslagen met zeer lage virusconcentraties. Uitslagen met minder dan 10 virusdeeltjes per µliter plantensap, dienen daarom niet als een betrouwbaar positief resultaat gezien te worden (mededeling F. Zoon). Als monsters met minder dan 10 virusdeeltjes per µliter worden genegeerd, dan daalt veelal het percentage knollen met TRV.

In de tabellen is dan ook eerst het gemiddelde percentage monsters met TRV weergegeven en daaronder (tussen haakjes en vet) het gemiddelde percentage als alleen monsters worden meegeteld met een TRV concentratie van méér dan 10 deeltjes per µliter plantensap. Als er relatief veel monsters met een lage virusconcentratie aanwezig waren, dan is het tweede gemiddelde soms aanzienlijk lager dan het eerste.

4.1 Vector: *Paratrichodorus pachydermus*

Vooraf was gepland om bij dit vectoraaltje van 5 rassen de náteelt te volgen. Aangezien Roxy gezien de rassenlijst gegevens en indrukken uit de praktijk beschouwd werd als (zeer) resistent, leken PCR-metingen bij dit ras op voorhand minder zinvol en daarom is besloten van dit ras geen PCR uit te voeren bij de knollen van de náteelt (mededeling F. Zoon, juli 2005). Van Roxy zijn daardoor alleen PCR metingen en bijbehorende kringerigheidsbeoordelingen beschikbaar van de knollen van kasteelt uit 2000 en van het loof van de eerste náteelt in 2001. Van alle andere rassen zijn gegevens beschikbaar van de knollen van de kasteelt, het loof van de eerste náteelt en knollen van de eerste náteelt. Omdat er bij Saturna maar weinig knollen waren gevormd, zijn er bij dit ras ook maar weinig knollen via PCR getoetst op TRV.

Aan knollen van niet geïnfecteerde moederplanten (controleplanten) is in 2000 geen PCR uitgevoerd en dat is ook niet gebeurd bij het loof en de knollen van de náteelt van deze moederplanten in 2001.

In het veld is stengelbont in het gewas beoordeeld bij de eerste en bij de tweede náteelt, zowel van (primair) geïnfecteerde als van niet-geïnfecteerde (controle) planten.

Daarnaast is op het PPO van alle rassen ná afloop van de bewaring van beide náteelten, van alle rassen een groot aantal knollen doorgesneden en beoordeeld op kringerigheidsymptomen.

Dit is echter alleen gebeurd bij knollen die afkomstig waren van geïnfecteerde moederplanten en niet bij niet-geïnfecteerde (controle) planten.

4.1.1 Bintje

Tabel 5. **Kringerigheid en TRV in Bintje knollen, moederplanten 2000, vector *P. pachydermus***

plant-nummer	Knollen			classificatie kringerigheidsymptomen			aantal TRV deeltjes per µl plantensap			
	totaal aantal	% kringerig	% met TRV	minimum	maximum	gemiddeld	minimum	maximum	gem.	gem. log
1	5	0	100	0	0	0	13	2680	626	1.9
2	5	0	100	0	0	0	6	24	12	1.0
3	5	0	20	0	0	0	0	7	1	0.2
5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
8	5	0	40	0	0	0	0	1	0	0.0
9	5	0	80	0	0	0	0	16	7	0.7
10	5	0	80	0	0	0	0	9	5	0.6
gem.		0	60 (25)			0			93	0.6

Tabel 6. **TRV in loof van Bintje, eerste náteelt 2001, vector *P. pachydermus***

Plant-Nummer	aantal TRV deeltjes per µliter plantensap	
	absoluut	log
1	0	0.0
2	0	0.0
3	0	0.0
4	0	0.0
5	5	0.7
6	0	0.0
7	0	0.0
8	0	0.0
9	0	0.0
10	0	0.0
Gem.	0.5	0.1

Tabel 7. **Kringerigheid en TRV in Bintje knollen, eerste náteelt 2001, vector *P. pachydermus*,**

plant- nummer	Knollen			classificatie kringerigheidssymptomen			aantal TRV deeltjes per µl plantensap			
	totaal aantal	% kringerig	% met TRV	Minimum	Maximum	gemiddeld	mini- mum	maxi- mum	gem.	gem. log
1	7	0	71	0	0	0	0	402	59	0.6
2	6	0	33	0	0	0	0	10	2	0.2
3	7	0	14	0	0	0	0	18	3	0.2
4	6	0	17	0	0	0	0	216	36	0.4
5	6	0	17	0	0	0	0	18	3	0.2
6	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
7	7	0	14	0	0	0	0	18	3	0.2
8	5	0	20	0	0	0	0	62	12	0.4
9	6	0	50	0	0	0	0	749	128	0.7
10	4	0	25	0	0	0	0	1	0	0.0
Gem.		0	29 (16)			0			27	0.3

Bij meer dan de helft van de knollen van de moederplanten kwam TRV voor (tabel 5), maar gebaseerd op de veilige grenswaarde van 10 virusdeeltjes per µliter was slechts 25% van de knollen besmet. Het grote verschil tussen deze twee waarden geeft al aan dat bij veel knollen het aantal virusdeeltjes erg laag was. In de knollen van bijna alle primair geïnfecteerde planten (behalve die van plantnummer 5) is TRV gevonden, maar er is bij geen enkele knol kringerigheid is vastgesteld. Alleen in de knollen van moederplant 1 was de gemiddelde virusconcentratie behoorlijk hoog. Bij het loof van de dochters van plantnummer 5 is een gering aantal virusdeeltjes aangetroffen en bij het loof van alle andere planten niet (tabel 6), maar gezien de zeer lage virusconcentratie bij plantnummer 5, kan dit een verontreiniging zijn geweest.

Gebaseerd op de grenswaarde van 10 virusdeeltjes per µliter plantensap was 16 procent van de knollen van de eerste nateelt besmet met TRV (tabel 7). Uitgaande van deze grenswaarde was de náteelt van de moederplanten 6 en 10 zelfs geheel virusvrij. In knollen afstammend van het schijnbaar virusvrije plantnummer 5 kwam bij de nateelt wel wat virus voor (tabel 7). Kringerigheid kwam ook bij secundaire infectie niet voor.

4.1.2 Roxy

Tabel 8. **Kringerigheid en TRV in Roxy knollen, moederplanten 2000, vector *P. pachydermus***

plant- nummer	knollen			Classificatie kringerigheidssymptomen			aantal TRV deeltjes per µl plantensap			
	totaal aantal	% kringerig	% met TRV	Minimum	maximum	Gemiddeld	mini- mum	maxi- mum	gem.	gem. log
14	4	0	100	0	0	0	11	30	18	1.2
15	3	0	100	0	0	0	4	12	8	0.9
16	5	0	100	0	0	0	7	20	14	1.1
17	5	0	100	0	0	0	4	8	6	0.7
18	4	0	100	0	0	0	6	42	19	1.2
19	5	0	80	0	0	0	0	10	5	0.6
gem.		0	96 (42)			0			12	1.0

Tabel 9. TRV in loof van Roxy, eerste nateelt 2001, vector *P. pachydermus*

plant- Nummer	Aantal TRV deeltjes per liter plantensap	
	absoluut	log
11	0	0.0
12	0	0.0
13	5	0.7
14	0	0.0
15	0	0.7
16	0	0.0
17	0	0.0
18	0	0.0
19	1	0.2
20	0	0.0
gemiddeld	0.6	0.1

Bij Roxy is bij bijna alle knollen van de primair geïnfecteerde planten in 2000 virus aangetroffen, maar uitgaande van de grenswaarde van 10 virusdeeltjes per liter was 42 procent van de knollen besmet. De virusconcentratie was echter laag, gemiddeld slechts 12 deeltjes per liter en in tegenstelling tot Bintje zijn er bij Roxy geen knollen met hogere virusconcentraties gevonden. Kringrigheid is in geen van de knollen vastgesteld.

In het loof is slechts bij twee van de tien nakomelingen wat virus gevonden, maar het betrof zeer lage concentraties. Omdat er bij de knollen van de nateelt geen PCR-metingen zijn uitgevoerd, kon niet worden bepaald of er overdracht van virus naar dochterknollen heeft plaatsgevonden.

4.1.3 Santana

Tabel 10. Kringrigheid en TRV in Santana knollen, moederplanten 2000, vector *P. pachydermus*

plant- nummer	Knollen			classificatie kringrigheidsymptomen			aantal TRV deeltjes per µl plantensap			
	totaal aantal	% kringrig	% met TRV	minimum	maximum	Gemiddeld	mini- mum	maxi- mum	gem.	gem. log
21	5	80	40	0	3	2.0	0	453	96	0.8
22	5	100	60	1	3	2.0	0	202104	60899	2.9
23	5	100	100	1	3	2.2	11	60094	27695	3.2
25	5	100	80	1	2	1.4	0	1250373	465499	3.0
26	5	100	60	1	4	1.6	0	8	2	0.2
27	5	60	80	0	2	0.8	0	4	2	0.3
30	5	60	80	0	2	1.0	0	1242620	271726	3.0
Gem.		86	71 (51)			1.6			118000	1.9

Tabel 11. TRV in loof van Santana, eerste nateelt 2001, vector *P. pachydermus*

Plantnummer	Aantal TRV deeltjes per liter plantensap	
	absoluut	log
21	9015	4.0
22	9015	4.0
23	2598	3.4
24	2598	3.4
25	1	0.2
26	2598	3.4
27	749	2.9
28	2598	3.4
29	2598	3.4
30	1395	3.1
gemiddeld	3316	3.1

Tabel 12. **Kringerigheid en TRV in Santana knollen, eerste náteelt 2001, vector *P. pachydermus***

plant- Nummer	Knollen			classificatie kringerigheidssymptomen			aantal TRV deeltjes per µl plantensap			
	totaal aantal	% kringerig	% met TRV	minimum	maximum	Gemiddeld	mini- mum	maxi- mum	gem.	gem. log
21	6	33	100	0	3	1.0	18	1306015	335436	3.7
22	6	17	83	0	3	0.5	0	749	223	1.8
23	2	100	100	2	2	2.0	108505	202104	155305	5.2
24	4	75	100	0	1	0.7	18	1306015	326616	3.0
26	4	25	100	0	1	0.3	18	216	71	1.6
27	4	25	75	0	3	0.7	0	2598	670	1.6
28	6	50	83	0	2	1.0	0	376443	125935	3.0
29	4	50	100	0	3	1.0	216	202104	77760	3.8
30	3	33	67	0	1	0.3	0	116	40	0.9
Gem.		44	90 (87)			0.8			120531	2.7

Gebaseerd op de grenswaarde van 10 virusdeeltjes per µliter was de helft van de Santana knollen van de primair geïnfecteerde planten in 2000 met TRV besmet. Kringerigheid kwam bij 86 procent van deze knollen en bij nakomelingen van alle moederplanten voor. De gemiddelde aantastingscore was 1.6, wat duidt op enkele procenten aangetast knoloppervlak. Wel waren er sommige knollen met een zware aantasting (score 4: 16 – 40 % aangetast knoloppervlak). In het loof van de eerste náteelt werden bij alle planten, met uitzondering van de nakomelingen van moederplant 25, behoorlijke concentraties virus gemeten. Ook bij de náteelt bleek dat er bij bijna 90% van de knollen TRV kon worden aangetoond en de gemiddelde virusconcentratie was met meer dan 120.000 virusdeeltjes per µliter zeer hoog (net als een generatie eerder in de knollen van de moederplanten zelf). Kringerigheid kwam voor bij 44 % van de knollen, maar de mate van aantasting was met een gemiddelde score van 0.8 laag (gemiddeld minder dan 1 % aangetast knoloppervlak). TRV en kringerigheid werden bij de nakomelingen van alle moederplanten aangetroffen.

4.1.4 Santé

Tabel 13. **Kringerigheid en TRV in Santé knollen, moederplanten 2000, vector *P. pachydermus***

Plant- Nummer	Knollen			classificatie kringerigheidssymptomen			aantal TRV deeltjes per µl plantensap			
	totaal aantal	% kringerig	% met TRV	minimum	maximum	gemiddeld	mini- mum	maxi- mum	gem.	gem. log
31	4	75	100	0	3	1.3	1	1187	301	1.1
33	3	67	100	0	2	1.3	3	45	20	1.1
34	5	40	80	0	1	0.4	0	39	18	0.8
35	5	0	80	0	0	0.0	0	3	2	0.2
36	5	20	60	0	2	0.4	0	17	6	0.5
38	5	60	100	0	2	1.0	4	525	125	1.5
39	4	75	75	0	3	1.8	0	71	21	0.8
40	3	33	33	0	1	0.3	0	5	2	0.2
Gem.		44	79 (44)			0.9			62	0.8

Tabel 14. TRV in loof van Santé, eerste nateelt 2001, vector *P. pachydermus*

Plantnummer	Aantal TRV deeltjes per µliter plantensap	
	Absoluut	Log
31	0	0.0
32	0	0.0
33	749	2.9
34	0	0.0
35	749	2.9
36	749	2.9
37	749	2.9
38	2598	3.4
39	5	0.7
40	1	0.2
Gemiddeld	560	1.6

Tabel 15. Kringerigheid en TRV in Santé knollen, eerste nateelt 2001, vector *P. pachydermus*

plant- Nummer	Knollen			classificatie kringerigheidssymptomen			aantal TRV deeltjes per µl plantensap			
	Totaal aantal	% kringerig	% met TRV	minimum	maximum	gemiddeld	mini- mum	maxi- mum	gem.	gem. log
31	7	0	86	0	0	0	0	62	15	0.7
32	6	0	50	0	0	0	0	5	3	0.4
33	4	0	25	0	0	0	0	3	1	0.1
34	7	0	29	0	0	0	0	18	3	0.2
35	5	0	60	0	0	0	0	5	2	0.3
36	7	0	50	0	0	0	0	1	1	0.0
37	7	0	14	0	0	0	0	3	1	0.1
38	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
39	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
40	7	0	57	0	0	0	0	1	1	0.0
Gem.		0	37 (6)			0			3	0.2

In de knollen van de primair geïnfecteerde knollen moederplanten van Santé, is bij vrijwel alle moederplanten (met uitzondering van plant 35) kringerigheid waargenomen. Gemiddeld was ongeveer 1% van het knoloppervlak aangetast, al kwamen er in een enkel geval knollen voor met een matige aantasting (7-15% aangetast knoloppervlak).

Gebaseerd op de grenswaarde van 10 virusdeeltjes per µliter plantensap is bij 44 procent van de knollen TRV aangetoond. De gemiddelde TRV concentratie was laag, gemiddeld waren slechts 62 virusdeeltjes per µliter plantensap te vinden. Alleen bij knollen van de moederplanten 31 en 38 werden soms wat hogere concentraties gevonden. In het loof van de náteelt werd bij planten afkomstig van enkele moederplanten (31, 32, 34, 39 en 40) geen TRV gevonden; bij de andere planten wel. Bij geen van de knollen van de eerste náteelt is kringerigheid waargenomen, ook niet bij de nakomelingen van moederplant 38 waarbij in het loof nog vrij veel virus was gevonden. Wel werd bij de knollen van de nateelt van meeste planten TRV aangetoond, maar de virusconcentratie was heel laag. Als wordt uitgegaan van de grenswaarde van 10 virusdeeltjes per µliter plantensap, dan was bij 6% van de knollen TRV aanwezig.

4.1.5 Saturna

Bij Saturna waren er in de náteelt van de meeste moederplanten te weinig knollen gevormd om PCR uit te voeren. Daarom zijn er van de eerste náteelt alleen PCR resultaten bij nakomelingen van de moederplanten 48 en 50 beschikbaar.

Tabel 16. **Kringerigheid en TRV in Saturna knollen, moederplanten 2000, vector *P. pachydermus***

plant- Nummer	Knollen			classificatie kringerigheidssymptomen			aantal TRV deeltjes per µl plantensap			
	totaal aantal	% kringerig	% met TRV	minimum	maximum	gemiddeld	mini- mum	maxi- mum	gem.	gem. log
41	5	0	80	0	0	0	0	10	3	0.2
43	5	0	100	0	0	0	1	3	2	0.3
46	4	0	60	0	0	0	0	5	2	0.2
47	5	0	20	0	0	0	0	6	1	0.2
48	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
49	5	0	40	0	0	0	0	21	8	0.5
50	5	0	20	0	0	0	0	207	41	0.5
gem.		0	47 (9)			0			8	0.2

Tabel 17. **TRV loof van Saturna, eerste nateelt 2001, vector *P. pachydermus*,**

plantnummer	aantal TRV deeltjes per µliter plantensap	
	absoluut	Log
41	0	0
42	0	0
43	0	0
44	0	0
46	0	0
47	5	0.7
48	0	0
49	0	0
50	0	0
gemiddeld	0.6	0.1

Tabel 18. **Kringerigheid en TRV in Saturna knollen, eerste nateelt 2001, vector *P. pachydermus***

plant- Nummer	Knollen			classificatie kringerigheidssymptomen			aantal TRV deeltjes per µl plantensap			
	totaal aantal	% kringerig	% met TRV	minimum	maximum	gemiddeld	mini- mum	maxi- mum	gem.	gem. log
48	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
50	7	0	14	0	0	0	0	1	0	0.0
Gem.		0	7 (0)			0			0	0.0

Bij de knollen van de primair geïnfecteerde moederplanten, is geen kringerigheid gevonden en de concentratie TRV in de knollen was zeer laag. Weliswaar is bij 47 procent van de knollen (enig) TRV aangetoond, maar slechts bij 9 procent van de knollen kwam het aantal virusdeeltjes boven de grenswaarde van 10 per µliter plantensap.

In de loofmonsters van de náteelt werd alleen bij loof afkomstig van plant 47 een heel geringe hoeveelheid virus gevonden. In de náteelt waren alleen van de moederplanten 48 en 50 knolmonsters aanwezig en totaal waren slechts 14 knollen beschikbaar. Er werd in deze knollen geen kringerigheid waargenomen en alleen bij moederplant 50 (bij één knol) werd een zeer geringe concentratie TRV gemeten. Als uitgegaan wordt van de grenswaarde van 10 virusdeeltjes per µliter plantensap, dan was in de náteelt zelfs helemaal geen virus aantoonbaar.

4.1.6 Wilja

Tabel 19. **Kringerigheid en TRV in Wilja knollen, moederplanten 2000, vector *P. pachydermus***

plant- Nummer	Knollen			classificatie kringerigheidssymptomen			aantal TRV deeltjes per µl plantensap			
	totaal aantal	% kringerig	% met TRV	Minimum	maximum	gemiddeld	mini- mum	maxi- mum	gem.	gem. log
52	5	40	100	0	1	0.4	179	6916417	2615531	5.0
53	5	20	100	0	1	0.4	109	5994495	1382880	5.0
56	5	20	100	0	1	0.2	1	3403608	945918	4.0
57	5	0	100	0	0	0.0	150	297202	86097	4.3
58	5	20	100	0	2	0.4	13	3005486	1466582	4.9
59	5	20	100	0	2	0.4	4576	638712	247495	5.0
60	5	60	100	0	1	0.6	925	2121510	796996	5.0
gem.		28	100 (97)			0.3			1077357	4.7

Tabel 20. **TRV in het loof van Wilja, eerste nateelt 2001, vector *P. pachydermus***

Plantnummer	aantal TRV deeltjes per µliter plantensap	
	absoluut	Log (aantal + 1)
51	0	0.0
52	0	0.0
53	5	0.7
54	0	0.0
55	0	0.0
56	0	0.0
57	0	0.0
58	0	0.0
59	0	0.0
60	0	0.0
Gemiddeld	0.5	0.1

Tabel 21. **Kringerigheid en TRV in Wilja knollen, eerste nateelt 2001, vector *P. pachydermus***

Plant- Nummer	Knollen			classificatie kringerigheidssymptomen			aantal TRV deeltjes per µl plantensap			
	Totaal aantal	% kringerig	% met TRV	minimum	maximum	gemiddeld	mini- mum	maxi- mum	gem.	gem. log
51	7	29	100	0	2	0.4	62	1306015	482030	4.5
52	6	0	83	0	0	0.0	0	1306015	218808	2.3
53	5	0	100	0	0	0.0	18	18	18	1.3
54	7	0	57	0	0	0.0	0	18	4	0.4
55	7	0	29	0	0	0.0	0	5	2	0.2
56	7	0	14	0	0	0.0	0	1	0	0.0
57	6	0	17	0	0	0.0	0	1	0	0.0
58	7	29	29	0	1	0.3	0	1	1	0.0
59	7	0	14	0	0	0.0	0	1	0	0.0
60	5	20	0	0	1	0.2	0	0	0	0.0
Gem.		8	44 (27)			0.1			73144	0.9

Van de knollen van de primair geïnfecteerde moederplanten van Wilja, vertoonde 28% kringerigheid. Gemiddeld was de mate van kringerigheid echter zeer gering (aantastingscore 0,3 wat inhoudt dat minder dan 1 procent van het knoloppervlak was aangetast). Slechts enkele knollen hadden een score van 2 (3 tot 6 procent verkleurde oppervlakte). Maar bij alle knollen (van alle moederplanten) werd TRV gevonden en soms ook in zeer hoge concentraties (tot 6 miljoen virusdeeltjes per µliter plantensap). Als uitgegaan wordt van een grenswaarde van 10 virusdeeltjes per µliter, dan kwam bij 97 procent van de knollen TRV voor.

In de loofmonsters van de nateelt werd alleen bij het loof van planten afkomstig van plantnummer 53 een zeer geringe hoeveelheid virus gevonden. Bij de knollen van de nateelt vertoonde slechts 8 procent van de nateelt knollen kringerigheid en de gemiddelde aantasting was slechts 0.1 (veel minder dan 1 % aantasting). Bij 27% van de nateeltnollen kon TRV worden aangetoond in een concentratie boven de grenswaarde van

10 virusdeeltjes per µliter plantensap. De concentratie TRV in de knollen van de náteelt was gemiddeld laag, maar dit was niet het geval bij de knollen afkomstig van de moederplanten 51 en 52. Na de kasteelt hadden knollen van deze moederplanten ook al een zeer hoge virusconcentratie.

Bij sommige knollen van deze moederplanten en van hun náteelt was de virusconcentratie heel hoog (méér dan 100.000 virusdeeltjes per µliter plantensap). Toch vertoonde minder dan de helft van deze zeer zwaar besmette knollen kringerigheidssymptomen.

4.1.7 Stengelbont en kringerigheid 1^e en 2^e nateelt

Op het veld is bij de eerste en bij de tweede náteelt bij geen enkel ras stengelbont (het gewassymptoom van TRV) waargenomen, ook niet bij het ras Santana met (vrij) hoge virusconcentraties in het loof van planten van de eerste nateelt. Bij knollen van de eerste náteelt zijn op het PPO per ras enkele tientallen knollen doorgesneden. Er waren geen of hooguit zeer vage symptomen van kringerigheid te zien en het was daardoor zeer onzeker of het wel om kringerigheid ging. Wel werd als gevolg van deze symptomen een aantal monsters als verdacht aangemerkt, namelijk monsters van de moederplanten 22, 24, 27, 28, 29, 30 (allen van het ras Santana, geïnfecteerd met virus), van moederplant 44 (ras Saturna, geïnfecteerd met virus) en de moederplanten 65 en 66 (beide het ras Santana, virusvrije controleplanten). Alleen bij knollen van moederplant 28 (ras Santana) waren duidelijke symptomen van kringerigheid aanwezig.

In tabel 22 staan de resultaten van de kringerigheidstoets bij de tweede náteelt van de moederplanten die 'opgeladen' waren met virus in de kasteelt in 2000. Er zijn geen kringerigheidgegevens beschikbaar van knollen die afkomstig waren van de virusvrije controleplanten.

Tabel 22. **Kringerigheid van 6 aardappelrassen, tweede náteelt 2002, vector *P. pachydermus***

Ras	aantal knollen	percentage knollen met kringerigheid	Opmerkingen
Bintje	543	6.8	kleine stipjes
Roxy	830	2.2	
Santana	414	30.1	vlekkerig en stippen (geen kringen)
Santé	208	7.9	
Saturna	338	7.5	roodbruine verkleuring in centrale deel van de knol
Wilja	79	8.3	

Kringerigheidssymptomen kwamen bij alle rassen voor, maar bij het ras Santana in veel sterkere mate dan bij de andere rassen.

4.2 Vector: *Paratrichodorus teres*

In 2001 zijn knollen van alle moederplanten via PCR getoetst op aanwezigheid van virus. Bij de náteelt in het veld zijn van elke moederplant twee dochterplanten apart genummerd en aangeduid als plant 1 en plant 2. Van elk van deze planten zijn twee knollen (na doorsnijden) beoordeeld aanwezigheid van kringerigheidssymptomen en daarna via PCR onderzocht op TRV (totaal zijn dus vier nakomelingen van elke moederplant onderzocht).

Het ruggenfrozen ná het poten van de náteelt is bij de moederplanten 54 tot en met 73 niet goed verlopen, waardoor van deze herkomsten veel planten verloren zijn gegaan. Het betreft de rassen Santé en Saturna. Bij Santé zijn er daardoor van de náteelt alleen resultaten van loof en knollen die afkomstig zijn van de moederplanten 46 tot en met 53. Bij Saturna is om deze reden geen PCR uitgevoerd bij de knollen en maar zeer beperkt in het loof.

Bij knollen van niet primair geïnfecteerde moederplanten (controleplanten) is in 2001 geen PCR uitgevoerd, maar dat is in 2002 wel gebeurd bij het loof en de knollen van de náteelt van deze controle moederplanten.

In het veld is stengelbont in het gewas beoordeeld bij de eerste en bij de tweede náteelt, zowel van (primair) geïnfecteerde als van niet-geïnfecteerde (controle) planten. Daarnaast zijn op het PPO van alle rassen ná afloop van de bewaring van beide náteelten, van alle rassen een groot aantal knollen doorgesneden en beoordeeld op kringerigheidssymptomen. Bij de eerste náteelt is dat alleen gebeurd bij knollen afkomstig van geïnfecteerde moederplanten; bij de tweede náteelt ook bij knollen die afkomstig waren van niet-geïnfecteerde (controle) planten.

4.2.1 Bintje

Tabel 23. **Kringerigheid en TRV in Bintje knollen, moederplanten 2001, vector *P. teres***

plant- Nummer	knollen			classificatie kringerigheidssymptomen			aantal TRV deeltjes per µl plantensap			
	totaal aantal	% kringerig	% met TRV	minimum	maximum	gemiddeld	mini- mum	maxi- mum	gem.	gem. log
1	4	0	25	0	0	0	0	2	1	0.1
2	5	0	40	0	0	0	0	13	3	0.3
3	6	0	33	0	0	0	0	6	1	0.2
4	4	0	75	0	0	0	0	8	2	0.2
5	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
6	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
7	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
8	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
9	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
10	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
11	2	0	20	0	0	0	0	1	0	0.0
12	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
13	5	0	20	0	0	0	0	1	0	0.0
gem.		0	17 (2)	0	0	0			0.6	0.1

Tabel 24. TRV in het loof van Bintje, eerste nateelt 2002, vector *P. teres*

plant- Nummer	aantal TRV deeltjes per liter plantensap			
	absoluut		¹⁰ log	
	plant 1	plant 2	plant 1	plant 2
1	622	52	2.8	1.7
2	179	4	2.3	0.6
3	0	52	0.0	1.7
4	179	52	2.3	1.7
5	622	0	2.8	0.0
6	179	15	2.3	1.8
7	179	0	2.3	0.0
8	52	52	1.7	1.7
9	96	8	2.0	0.9
10	179	0	2.3	0.0
11	0	28	0.0	1.4
12	179	52	2.3	1.7
13	0	52	0.0	1.7
Gem.	190	28	1.8	1.1

Tabel 25. Kringerigheid en TRV in Bintje knollen, eerste náteelt 2002, vector *P. teres*,

plant- Nummer	Knollen			classificatie kringerigheidssymptomen			aantal TRV deeltjes per µl plantensap			
	totaal aantal	% kringerig	% met TRV	minimum	maximum	gemiddeld	mini- mum	maxi- mum	gem.	gem. log
1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
3	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
5	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
6	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
7	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
8	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
9	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
10	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
gem.		0	0 (0)			0				0.0

Bij 2% van de knollen van de primair geïnfecteerde moederplanten is TRV aangetoond in een concentratie boven de grenswaarde van 10 of méér virusdeeltjes per µliter plantensap. De gemiddelde virusconcentratie was zeer laag. Kringerigheid is in deze knollen van de moederplanten niet waargenomen.

In het loof van de nateelt is bij 85 procent van de monsters TRV in het loof aangetoond en is virus gevonden bij planten afkomstig van alle moederplanten. De virusconcentratie in het loof was niet hoog, maar wel hoger dan bij Bintje met *P. pachydermus* als vector. Ook in de knollen van de náteelt is geen kringerigheid gevonden en er is in deze knollen ook geen virus aangetoond.

4.2.2 Roxy

Tabel 26. **Kringerigheid en TRV in Roxy knollen, moederplanten 2001, vector *P. teres***

plant- Nummer	Knollen			classificatie kringerigheidssymptomen			aantal TRV deeltjes per µl plantensap			
	Totaal aantal	% kringerig	% met TRV	minimum	maximum	Gemiddeld	mini- mum	maxi- mum	gem.	gem. log
16	4	0	25	0	0	0	0	1	0	0.0
17	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
18	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
19	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
20	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
21	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
22	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
23	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
24	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
25	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
26	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
27	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
28	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
Gem.		0	0 (0)			0			0	0.0

Tabel 27. **TRV in het loof van Roxy, eerste nateelt 2002, vector *P. teres***

plant- Nummer	aantal TRV deeltjes per µliter plantensap			
	absoluut		¹⁰ log	
	plant 1	plant 2	plant 1	plant 2
16	179	52	2.3	1.7
17	52	4	1.7	0.6
18	4	0	0.6	0.0
19	96	52	2.0	1.7
20	96	52	2.0	1.7
21	52	8	1.7	0.9
22	96	-	2.0	-
23	96	-	2.0	-
24	179	52	2.3	1.7
25	179	15	2.3	1.2
26	0	-	0.0	-
27	0	0	0.0	0.0
28	52	15	1.7	1.2
Gem.	83	25	1.6	1.1

Tabel 28. **Kringerigheid en TRV in Roxy knollen, eerste nateelt 2002, vector *P. teres***

plant- Nummer	Knollen			classificatie kringerigheidssymptomen			aantal TRV deeltjes per µl plantensap			
	totaal aantal	% kringerig	% met TRV	minimum	maximum	gemiddeld	mini- mum	maxi- mum	gem.	gem. log
16	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
24	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
25	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
gem.		0	0 (0)			0				0.0

Bij de primair geïnfecteerde planten is in zeer geringe mate TRV aangetoond en geen enkel monster zat boven de grenswaarde van 10 virusdeeltjes per µliter. In het loof van de eerste nateelt is bij de nakomelingen van de meeste moederplanten (ruim 80 procent) echter wel virus gevonden. Om financiële redenen zijn bij de nateelt maar 5 knollen (afkomstig van 3 verschillende moederplanten) getoetst. Bij geen van de knollen is kringerigheid waargenomen en er is ook geen virus gevonden.

4.2.3 Santana

Tabel 29. **Kringerigheid en TRV in Santana knollen, moederplanten 2001, vector *P. teres*,**

plant- Nummer	Knollen			classificatie kringerigheidssymptomen			aantal TRV deeltjes per µl plantensap			
	totaal aantal	% kringerig	% met TRV	minimum	maximum	gemiddeld	mini- mum	maxi- mum	gem.	gem. log
31	5	0	40	0	0	0.0	0	1	0	0.0
32	3	0	67	0	0	0.0	0	31275	10425	1.5
33	3	0	67	0	0	0.0	0	216	83	1.3
34	4	25	100	0	2	0.5	2598	108505	43549	4.2
35	2	0	100	0	0	0.0	108505	108505	108505	5.0
36	3	33	67	0	1	0.3	0	376443	125731	2.8
37	4	25	50	0	3	0.8	0	31275	7819	1.2
38	4	25	75	0	1	0.3	0	376443	94120	2.0
39	4	100	100	1	3	2.0	2598	16791	11299	4.0
40	6	67	33	0	2	0.8	0	5	1	0.2
41	6	17	33	0	2	0.3	2598	31275	5646	1.3
42	5	0	40	0	0	0.0	0	108505	21702	1.1
43	3	33	100	0	1	0.3	62	16791	5690	2.8
Gem.		26	62 (46)			0.4			27160	2.1

Tabel 30. **TRV in het loof van Santana, eerste nateelt 2002, vector *P. teres*,**

Plant- Nummer	aantal TRV deeltjes per µliter plantensap			
	Absoluut		¹⁰ log	
	plant 1	plant 2	plant 1	plant 2
31	52	0	1.7	0.0
32	96	0	2.0	0.0
33	52	4	1.7	0.6
34	179	15	2.3	1.2
35	52	0	1.7	0.0
36	0	0	0.0	0.0
37	0	0	0.0	0.0
38	0	0	0.0	0.0
39	4	0	0.6	0.0
40	28	13932	1.4	4.1
41	52	7482	1.7	3.9
42	15	25942	1.2	4.4
Gem.	44	3948	1.2	1.2

Tabel 31. **Kringerigheid en TRV in Santana knollen, eerste nateelt 2002, vector *P. teres*,**

plant- Nummer	Knollen			classificatie kringerigheidssymptomen			aantal TRV deeltjes per µl plantensap			
	totaal aantal	% kringerig	% met TRV	minimum	maximum	gemiddeld	mini- mum	maxi- mum	gem.	gem. log
31	4	50	0	0	3	1.0	0	0	0	0.0
32	4	25	0	0	1	0.2	0	0	0	0.0
33	4	50	0	0	0	1.2	0	0	0	0.0
34	3	67	33	0	3	1.7	0	14020	4673	1.3
35	3	33	0	0	1	0.3	0	0	0	0.0
36	4	25	25	0	3	0.8	0	1	0	0.0
37	4	50	0	0	2	1.0	0	0	0	0.0
38	4	100	0	1	4	2.0	0	0	0	0.0
39	4	50	25	0	2	0.8	0	7527	1882	1.0
40	4	75	0	0	3	1.5	0	0	0	0.0
41	4	0	0	0	0	0.0	0	0	0	0.0
42	4	25	0	0	3	0.8	0	0	0	0.0
Gem.		81	7 (4)			0.9			546	0.2

Bij 46 % van de knollen van de primair geïnfecteerde moederplanten is TRV aangetoond in een concentratie boven de grenswaarde van 10 deeltjes per µliter plantensap. De virusconcentraties waren gemiddeld heel hoog. Bij ruim een kwart van deze knollen is ook kringerigheid waargenomen, maar meestal was de aantasting vrij laag want de gemiddelde aantastingscore was 0,4 wat inhoudt dat gemiddeld minder dan 1 procent van het knoloppervlak was aangetast. In het loof van de nateelt is bij 58 procent van de monsters TRV aangetroffen. In het loof van nakomelingen van de moederplanten 36, 37 en 38 werd helemaal geen TRV aangetoond, hoewel in de knollen van de moederplanten wel virus was aangetoond. Bij slechts 4% van de knollen van de nateelt is virusconcentratie aangetoond boven de grenswaarde van 10 virusdeeltjes per µliter.

De gemiddelde virusconcentratie in deze knollen was heel laag. Toch werd bij ruim tachtig procent van deze knollen kringerigheid gevonden. Gemiddeld was de mate kringerigheid echter laag (ongeveer 1 % van het knoloppervlak was aangetast). Bij knollen van de moederplanten 36, 37 en 38 – die in het loof geen virus bevatten – werd nauwelijks of geen virus aangetoond, maar dit gold ook voor de knollen van de moederplanten 40, 41 en 42 waar in het loof wel veel virus werd gevonden.

4.2.4 Santé

Tabel 32. **Kringerigheid en TRV in Santé knollen, moederplanten 2001, vector *P. teres***

plant- Nummer	Knollen			classificatie kringerigheidssymptomen			aantal TRV deeltjes per µl plantensap			
	totaal aantal	% kringerig	% met TRV	minimum	maximum	gemiddeld	mini- mum	maxi- mum	gem.	gem. log
46	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
47	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
48	6	0	83	0	0	0	0	701171	116945	2.2
49	3	0	67	0	0	0	0	33	12	0.7
50	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
51	3	33	67	0	2	0.7	0	1	1	0.1
52	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
53	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
54	4	0	75	0	0	0	0	58254	15562	2.8
55	3	0	100	0	0	0	216	1395	787	2.8
56	2	0	100	0	0	0	62	749	406	2.3
57	4	0	100	0	0	0	216	402	262	2.4
58	4	0	100	0	0	0	18	216	166	2.1
gem.		2	59 (48)			0.1			17474	1.2

Tabel 33. **TRV in het loof van Santé, eerste nateelt 2002, vector *P. teres***

plant- Nummer	aantal TRV deeltjes per µliter plantensap			
	absoluut		¹⁰ log	
	plant 1	plant 2	plant 1	plant 2
46	52	7482	1.7	3.9
47	28	179	1.4	2.3
48	52	25942	1.7	4.4
49	28	7482	1.4	3.9
50	52	7482	1.7	3.9
51	52	1159	1.7	3.1
52	52	622	1.7	2.8
53	52	0	1.7	0.0
gem.	46	6293	1.6	3.0

Tabel 34. **Kringerigheid en TRV in Santé knollen, eerste nateelt 2002, vector *P. teres***

plant- Nummer	Knollen			classificatie kringerigheidssymptomen			aantal TRV deeltjes per µl plantensap			
	totaal aantal	% kringerig	% met TRV	minimum	maximum	gemiddeld	mini- mum	maxi- mum	gem.	gem. log
46	4	0	0	0	0	0.0	0	0	0	0.0
47	4	0	0	0	0	0.0	0	0	0	0.0
48	4	0	0	0	0	0.0	0	0	0	0.0
49	4	0	0	0	0	0.0	0	0	0	0.0
50	4	0	0	0	0	0.0	0	0	0	0.0
51	4	25	0	0	1	0.3	0	0	0	0.0
52	4	0	0	0	0	0.0	0	0	0	0.0
53	4	25	0	0	1	0.3	0	0	0	0.0
gem.		6	0 (0)			0.1				0.0

Bij 48 % van de knollen van de moederplanten werd TRV aangetoond boven de grenswaarde van 10 virusdeeltjes per µliter. De gemiddelde virusconcentratie was vrij hoog, maar varieerde sterk: bij ongeveer de helft van de knollen werd weinig of geen virus aangetroffen en bij andere helft was wel in vrij veel virus aanwezig. Kringerigheid werd in deze knollen echter nauwelijks of niet waargenomen.

Bij de nateelt werd in het loof van alle moederplanten virus aangetroffen en de virusconcentratie in het loof was gemiddeld ook redelijk hoog. In de knollen van de nateelt is echter geen virus gevonden. Wel werd bij enkele van deze knollen kringerigheid waargenomen, maar dan in zeer lichte mate.

4.2.5 Saturna

Er zijn van Saturna geen knollen van de nateelt via PCR getoetst op aanwezigheid van TRV.

Tabel 35. **Kringerigheid en TRV in Saturna knollen, moederplanten 2001, vector *P. teres***

plant- Nummer	Knollen			classificatie kringerigheidssymptomen			aantal TRV deeltjes per µl plantensap			
	totaal aantal	% kringerig	% met TRV	minimum	maximum	gemiddeld	mini- mum	maxi- mum	gem.	gem. log
61	3	0	100	0	0	0	18	116	65	1.7
62	4	0	50	0	0	0	0	18	9	0.6
63	3	0	100	0	0	0	1	5	4	0.5
64	5	0	80	0	0	0	0	18	11	0.8
65	5	0	60	0	0	0	0	18	7	0.6
66	4	0	25	0	0	0	0	1	0	0.0
67	4	0	25	0	0	0	0	3	1	0.1
68	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
69	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
70	4	0	50	0	0	0	0	9015	2255	1.2
71	3	0	33	0	0	0	0	1	0	0.1
72	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
73	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
gem.		0	42 (23)			0			195	0.4

Tabel 36. **TRV in het loof van Saturna loof , eerste nateelt 2002, vector *P. teres***

plant- Nummer	aantal TRV deeltjes per µliter plantensap			
	absoluut		¹⁰ log	
	Plant 1	plant 2	plant 1	plant 2
61	52	0	1.7	0.0
62	15	179	1.2	2.3
63	52	1159	1.7	3.1
64	28	622	1.4	2.8
65	52	-	1.7	-
gem.	40	490	1.5	2.0

Bij 23 % van de knollen van de moederplanten van Saturna werd TRV aangetoond boven de grenswaarde van 10 virusdeeltjes per µliter. De gemiddelde virusconcentratie was laag, bij slechts enkele moederplanten (de moederplanten 61 en 70) werd een redelijk hoge virusconcentratie gevonden. Er is in deze knollen geen kringrigheid niet waargenomen. Bij de nateelt werd in het loof van alle moederplanten virus aangetroffen

4.2.6 Wilja

Tabel 37. **Kringrigheid en TRV in Wilja knollen, moederplanten 2001, vector *P. teres***

plant- Nummer	Knollen			classificatie kringrigheidsymptomen			aantal TRV deeltjes per µl plantensap			
	totaal aantal	% kringerig	% met TRV	minimum	maximum	gemiddeld	mini- mum	maxi- mum	gem.	gem. log
76	3	0	100	0	0	0	1	3	2	0.2
77	2	0	100	0	0	0	3	5	4	0.6
78	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
79	4	0	100	0	0	0	1	10	3	0.3
80	3	0	33	0	0	0	0	3	1	0.1
81	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
82	2	0	50	0	0	0	0	5	3	0.4
83	2	0	50	0	0	0	0	1	0	0.0
84	3	0	33	0	0	0	0	1	1	0.1
85	2	0	50	0	0	0	0	1	0	0.0
86	3	0	33	0	0	0	0	1	0	0.0
87	3	0	67	0	0	0	0	3	2	0.2
88	3	0	67	0	0	0	0	1	1	0.1
Gem.		0	53 (3)			0			1	0.2

Tabel 38. **TRV in het loof van Wilja, eerste nateelt 2002, vector *P. teres*,**

plant- Nummer	aantal TRV deeltjes per µliter plantensap			
	Absoluut		¹⁰ log	
	plant 1	plant 2	plant 1	plant 2
76	52	2158	1.7	3.3
77	15	179	1.2	2.6
78	15	2158	1.2	3.3
79	4	52	0.6	1.7
80	15	334	1.2	2.5
81	4	622	0.6	2.8
82	0	179	0.0	2.3
83	28	179	1.4	2.3
84	15	4	1.2	0.6
85	0	179	0.0	2.3
86	0	4	0.0	0.6
87	15	52	1.2	1.7
88	52	622	1.7	2.8
Gem.	17	517	0.9	2.2

Tabel 39. **Kringrigheid en TRV in Wilja knollen, eerste nateelt 2002, vector *P. teres***

plant- Nummer	Knollen			classificatie kringrigheidsymptomen			aantal TRV deeltjes per µl plantensap			
	totaal aantal	% kringerig	% met TRV	minimum	maximum	gemiddeld	mini- mum	maxi- mum	gem.	gem. log
76	4	0	0	0	0	0.0	0	0	0	0.0
77	4	0	0	0	0	0.0	0	0	0	0.0
78	4	0	0	0	0	0.0	0	0	0	0.0
79	4	0	0	0	0	0.0	0	0	0	0.0
80	4	0	0	0	0	0.0	0	0	0	0.0
81	4	0	0	0	0	0.0	0	0	0	0.0
82	4	0	0	0	0	0.0	0	0	0	0.0
83	4	25	0	0	1	0.3	0	0	0	0.0
84	4	0	0	0	0	0.0	0	0	0	0.0
85	4	0	0	0	0	0.0	0	0	0	0.0
gem.		3	0 (0)			0.0				0.0

Slechts bij 3 % van de knollen van de moederplanten is TRV aangetoond boven de grenswaarde van 10 virusdeeltjes per µliter. De gemiddelde virusconcentratie was redelijk heel laag. Bij de nateelt werd in het loof van alle moederplanten virus aangetroffen en de virusconcentratie in het loof was gemiddeld redelijk hoog. In de knollen van de nateelt is geen virus gevonden. Slechts bij een enkele knol is enige kringerigheid waargenomen.

4.2.7 Controleplanten (niet met virus “geladen”)

In tabel 40 staan de resultaten van de PCR bepalingen in het loof van virusvrije controleplanten van de eerste nateelt.

Tabel 40. **TRV in het loof van controle planten van 6 aardappelrassen, eerste nateelt 2002, vector *P. teres*,**

plantnummer	Ras	aantal TRV deeltjes per µliter plantensap	
		absoluut	log
101	Bintje	28	1.4
102	Bintje	52	1.7
103	Roxy	96	2.0
104	Roxy	52	1.7
105	Santana	52	1.7
106	Santana	52	1.7
107	Santé	4	0.6
108	Santé	52	1.7
109	Saturna	1	0.1
110	Saturna	4	0.6
111	Wilja	28	1.4
112	Wilja	15	1.2

In het loof van de eerste nateelt van alle niet primair geïnfecteerde moederplanten van alle rassen komt in geringe mate TRV voor. In tabel 41 staan de resultaten van de PCR bepalingen bij de knollen van de virusvrije controleplanten van de eerste nateelt, behalve van de rassen Saturna en Wilja (deze zijn niet geanalyseerd).

Tabel 41. **Kringerigheid en TRV in knollen van controleplanten van 4 rassen, eerste nateelt 2002, vector *P. teres***

plant-Nr.	Ras	Knollen			classificatie kringerigheidssymptomen			aantal TRV deeltjes per µl plantensap			
		totaal aantal	% Kringerig	% met TRV	Minimum	Maximum	Gem.	minimum	maximum	gem.	gem. log
101	Bintje	2	0	0	0	0	0.0	0	0	0	0.0
102	Bintje	2	0	0	0	0	0.0	0	0	0	0.0
103	Roxy	2	0	0	0	0	0.0	0	0	0	0.0
104	Roxy	2	50	0	0	1	0.5	0	0	0	0.0
105	Santana	2	0	0	0	0	0.0	0	0	0	0.0
106	Santana	2	50	0	0	1	0.5	0	0	0	0.0
107	Santé	2	0	0	0	0	0.0	0	0	0	0.0
108	Santé	2	50	0	0	1	0.5	0	0	0	0.0

Bij de controleplanten Bintje (plantnummers 101 en 102) is geen virus aangetoond en geen kringerigheid waargenomen. Bij de controleplanten van Roxy (plantnummers 103 en 104), Santana (plantnummers 105 en 106) en Santé (plantnummers 107 en 108) is eveneens geen virus aangetoond, maar is wel (zij het in zeer lichte mate) enige kringerigheid waargenomen.

4.2.8 Stengelbont en kringerigheid 1^e en 2^e nateelt

In 2002 is het gewas van de eerste nateelt op het veld door een keurmeester van de NAK beoordeeld op stengelbont. Er is toen geen stengelbont waargenomen. In 2003 is het gewas (tweede nateelt) tweemaal door een keurmeester beoordeeld, de eerste maal op 30 juni en de tweede maal op 15 juli.

In tabel 42 worden de resultaten van de beoordeling op 15 juli samengevat.

Tabel 42. **Waarneming op stengelbont van 6 aardappelrassen, tweede nateelt 2003, vector *P. teres***

Ras	moederplanten	aantal planten op 15 juli		% planten	opmerkingen
	geïnfecteerd	Totaal	met stengelbont	met stengelbont	
Bintje	ja	89	15	17	
Roxy	ja	79	2	3	zeer veel gebreksziekten, lijkt niet raszuiver
Santana	ja	85	1	1	
Santé	ja	83	0	0	
Saturna	ja	81	13	16	
Wilja	ja	88	23	26	
Bintje	nee	14	3	21	
Roxy	nee	14	0	0	
Santana	nee	14	0	0	
Santé	nee	14	3	21	
Saturna	nee	14	4	29	
Wilja	nee	14	3	21	

Bintje vertoonde vrij veel stengelbont, Roxy weinig, Santana heel weinig, Santé niet, Saturna en Wilja vrij veel. Gezien de percentages stengelbont bij de controleplanten – ook van rassen die rassen als Bintje, Saturna en vooral Wilja – mag worden betwijfeld of het waargenomen symptoom altijd het gevolg was van TRV en of dit niet werd veroorzaakt door andere schadeverwekkers (met name andere virussen).

Na afloop van de veldproeven met de eerste en tweede nateelt in 2002 en 2003 zijn op het PPO een groot aantal knollen bewaard en na afloop van de bewaring (in de lengterichting) doormidden gesneden, waarna de mate van aantasting door kringerigheid beoordeeld. De resultaten hiervan staan in de onderstaande tabellen. Bij de eerste nateelt zijn geen knollen beoordeeld van de controleplanten.

Tabel 43. **Kringerigheid ná de bewaring van 6 aardappelrassen, eerste nateelt 2002, vector *P. teres***

Ras	virus- opla- ding	totaal	percentage knollen	kringerigheid-	Opmerking
		aantal knollen	met kringerigheid	index ¹	
Bintje	ja	309	4	2	
Roxy	ja	45	8	4	
Santana	ja	62	49	30	
Santé	ja	131	9	4	
Saturna	Ja	215	5	3	rode verkleuring in het centrale deel van de knol
Wilja	Ja	56	0	0	

1. kringerigheidindex: 0 – 100 (0: geen enkele knol aangetast, 100: alle knollen zwaar aangetast)

Tabel 44. **Kringerigheid ná de bewaring van 6 aardappelrassen, tweede náteelt 2003, vector *P. teres***

Ras	TRV	Totaal Aantal knollen	Percentage knollen met kringerigheid				Kringerigheid- Index ¹	Opmerking
	Opla- Ding		licht	Matig	zwaar	totaal		
Bintje	Ja	796	4	0	0	4	1	
Roxy	Ja	749	2	0	0	2	1	
Santana	Ja	742	11	2	0	13	5	
Santé	Ja	611	5	1	0	6	3	
Saturna	Ja	734	3	0	0	3	1	
Wilja	Ja	770	1	0	0	1	0	
Bintje	Nee	50	0	0	0	0	0	
Roxy	Nee	58	0	0	0	0	0	
Santana	Nee	54	0	0	0	0	0	
Santé	Nee	56	0	0	0	0	0	
Saturna	Nee	58	0	0	0	0	0	
Wilja	Nee	58	0	0	0	0	0	

1) kringerighedsindex: 0 – 100 (0: geen enkele knol aangetast, 100: alle knollen zwaar aangetast)

Uit de bovenstaande tabellen blijkt dat het infecteren met TRV virus bij de moederplanten effect heeft gehad, want zonder deze infectie treedt bij geen van de rassen kringerigheid op. Als de moederplanten wel door *P. teres* waren geïnfecteerd, dan komt bij alle rassen kringerigheid voor, maar de mate waarin verschilt sterk per ras. Bij Bintje, Roxy, Saturna en Wilja was de aantasting zeer gering (meestal beperkt tot enige, vrij onduidelijke stipjes). Bij Santé kwam soms een wat sterkere aantasting voor en bij Santana is de aantasting het hoogste.

4.3 Vector: *Trichodorus primitivus*

In 2002 zijn de knollen van alle moederplanten via PCR getoetst op aanwezigheid van virus. In 2003 (eerste náteelt) zijn per ras de nakomelingen van 8 moederplanten getoetst met PCR. Van elke moederplant waren in het veld 2 planten apart genummerd (plant 1 en plant 2). Van elk van deze planten zijn drie knollen met PCR onderzocht op aanwezigheid van virus en bij deze knollen is ook de mate van kringerigheid beoordeeld. In beide jaren is bij knollen van niet-geïnfecteerde (controle) planten geen PCR uitgevoerd. Wel is PCR uitgevoerd aan het loof van virusvrije controle planten van de náteelt. Daarbij is bij geen enkel ras virus in het loof aangetoond.

Beoordeling van stengelbont en de uitgebreide beoordeling op kringerigheid is gedaan bij de nakomelingen van niet en wel geïnfecteerde planten. Verder zijn op het PPO knollen van de eerste en van de tweede náteelt bewaard en na afloop doorgesneden en beoordeeld op de aanwezigheid van kringerigheidssymptomen. Bij de eerste náteelt (in 2003) is dat gebeurd bij alle rassen en bij nakomelingen van wel en niet primair geïnfecteerde moederplanten. Bij de tweede náteelt (in 2004) is dat alleen gedaan bij Santana dat als het meest gevoelige ras wordt beschouwd.

4.3.1 Bintje

Tabel 45. **Kringerigheid en TRV in Bintje knollen, moederplanten 2002, vector *T. primitivus***

Plant- Nummer	Knollen			classificatie kringerigheidssymptomen			aantal TRV deeltjes per µl plantensap			
	totaal aantal	% kringerig	% met TRV	minimum	maximum	gemiddeld	mini- mum	maxi- mum	gem.	gem. log
1	4	0	25	0	0	0.0	0	62	16	0.4
2	3	0	100	0	0	0.0	1	18	7	0.5
3	6	0	67	0	0	0.0	1	18	4	0.3
4	4	25	75	0	1	0.3	0	62	16	0.5
5	3	0	100	0	0	0.0	1	5	3	0.4
6	4	0	50	0	0	0.0	0	1	1	0.1
7	4	0	50	0	0	0.0	0	10	3	0.3
8	6	17	17	0	1	0.2	0	1	0	0.0
9	4	0	50	0	0	0.0	0	1	1	0.1
10	3	0	0	0	0	0.0	0	0	0	0.0
11	3	0	0	0	0	0.0	0	0	0	0.0
12	4	0	25	0	0	0.0	0	1	1	0.0
gem.		4	46 (10)			0.0			4	0.2

Tabel 46. **TRV in het loof van Bintje, eerste náteelt 2003, vector *T. primitivus***

plant- Nummer	aantal TRV deeltjes per µliter plantensap			
	absoluut		¹⁰ log	
	plant 1	plant 2	plant 1	plant 2
1	0	0	0.0	0.0
2	0	0	0.0	0.0
3	0	0	0.0	0.0
4	0	0	0.0	0.0
5	0	0	0.0	0.0
6	0	0	0.0	0.0
7	0	0	0.0	0.0
8	0	0	0.0	0.0
9	0	0	0.0	0.0
10	0	0	0.0	0.0
11	0	0	0.0	0.0
12	0	0	0.0	0.0
gem.	0	0	0.0	0.0

Tabel 47. **Kringerigheid en TRV in Bintje knollen, eerste náteelt 2003, vector *T. primitivus***

plant- Nummer	Knollen			classificatie kringerigheidssymptomen			aantal TRV deeltjes per µl plantensap			
	totaal aantal	% kringerig	% met TRV	minimum	maximum	gemiddeld	mini- mum	maxi- mum	gem.	gem. log
1	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
2	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
3	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
4	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
5	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
6	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
7	6	0	17	0	0	0	0	1	0	0.0
8	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
gem.		0	2 (0)			0			0	0.0

Bij 10 % van de knollen van de primair geïnfecteerde moederplanten is TRV aangetoond in een concentratie van 10 of méér virusdeeltjes per µliter plantensap. De gemiddelde virusconcentratie in deze knollen was zeer laag. Kringerigheid kwam in deze knollen nauwelijks voor. In het loof van de eerste náteelt is geen virus gevonden. Bij de secundair geïnfecteerde knollen van de eerste náteelt trad geen kringerigheid op en werd ook nauwelijks of geen virus aangetoond.

4.3.2 Roxy

Tabel 48. **Kringerigheid en TRV in Roxy knollen, moederplanten 2002, vector *T. primitivus***

Plant- Nummer	Knollen			classificatie kringerigheidssymptomen			aantal TRV deeltjes per µl plantensap			
	totaal aantal	% kringerig	% met TRV	minimum	maximum	gemiddeld	mini- mum	maxi- mum	gem.	gem. log
16	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
17	6	0	17	0	0	0	0	216	36	0.4
18	5	0	40	0	0	0	0	1	0	0.0
19	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
20	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
21	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
22	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
23	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
24	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
25	5	0	20	0	0	0	0	1	0	0.0
26	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
27	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
gem.		0	7 (2)			0			4	0.0

Tabel 49. **TRV in het loof van Roxy, eerste náteelt 2003, vector *T. primitivus***

Plant- Nummer	aantal TRV deeltjes per µliter plantensap			
	Absoluut		¹⁰ log	
	plant 1	plant 2	plant 1	plant 2
16	0	0	0.0	0.0
17	0	0	0.0	0.0
18	0	0	0.0	0.0
19	0	0	0.0	0.0
20	0	0	0.0	0.0
21	0	0	0.0	0.0
22	0	0	0.0	0.0
23	0	0	0.0	0.0
24	0	0	0.0	0.0
25	0	0	0.0	0.0
26	0	0	0.0	0.0
27	0	0	0.0	0.0
Gem.	0	0	0.0	0.0

Tabel 50. **Kringerigheid en TRV in Roxy knollen, eerste náteelt 2003, vector *T. primitivus***

plant- Nummer	Knollen			classificatie kringerigheidssymptomen			aantal TRV deeltjes per µl plantensap			
	totaal aantal	% kringerig	% met TRV	minimum	maximum	gemiddeld	mini- mum	maxi- mum	gem.	gem. log
16	6	33	0	0	2	0.7	0	0	0	0.0
17	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
18	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
19	6	17	0	0	1	0.2	0	0	0	0.0
20	6	0	33	0	0	0	0	1	1	0.1
21	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
22	6	17	0	0	1	0.2	0	1	0	0.0
23	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
gem.		8	4 (0)			0.1			0	0.0

Gebaseerd op de grenswaarde van 10 virusdeeltjes per liter plantensap, is bij 2 % procent van de knollen van primair geïnfecteerde moederplanten TRV aangetoond. De virusconcentratie in deze knollen was zeer laag en kringerigheid kwam in deze knollen niet voor.

In het loof van de eerste náteelt is geen virus gevonden. Bij de knollen van de eerste náteelt trad bij 8 procent van de knollen kringerigheid op, maar de mate van kringerigheid was zeer laag (het gemiddeld aantastingspercentage was minder dan 1%). Er werd vrijwel geen TRV gevonden.

4.3.3 Santana

Tabel 51. **Kringerigheid en TRV in Santana knollen, moederplanten 2002, vector *T. primitivus***

plant- Nummer	Knollen			classificatie kringerigheidssymptomen			aantal TRV deeltjes per µl plantensap			
	totaal aantal	% kringerig	% met TRV	minimum	maximum	gemiddeld	mini- mum	maxi- mum	gem.	gem. log
31	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
32	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
33	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
34	4	0	25	0	0	0	0	1	0	0.0
35	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
36	3	33	0	0	2	0.7	0	0	0	0.0
37	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
38	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
39	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
40	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
41	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
42	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
Gem.		2	2 (0)			0			0	0.0

Tabel 52. **TRV in het loof van Santana, eerste náteelt 2003, vector *T. primitivus***

Plant- Nummer	aantal TRV deeltjes per liter plantensap			
	absoluut		Log ¹⁰	
	plant 1	plant 2	plant 1	plant 2
31	0	0	0.0	0.0
32	0	0	0.0	0.0
33	0	0	0.0	0.0
34	0	0	0.0	0.0
35	0	0	0.0	0.0
36	0	0	0.0	0.0
37	0	0	0.0	0.0
38	0	0	0.0	0.0
39	0	0	0.0	0.0
40	0	0	0.0	0.0
41	0	0	0.0	0.0
42	0	0	0.0	0.0
Gem.	0	0	0.0	0.0

Tabel 53. **Kringerigheid en TRV in Santana knollen, eerste náteelt 2003, vector *T. primitivus***

plant- Nummer	Knollen			classificatie kringerigheidssymptomen			aantal TRV deeltjes per µl plantensap			
	totaal aantal	% kringerig	% met TRV	minimum	maximum	gemiddeld	mini- mum	maxi- mum	gem.	gem. log
31	6	50	0	0	3	0.8	0	0	0	0.0
32	6	33	0	0	2	0.5	0	0	0	0.0
33	6	83	0	0	3	1.5	0	0	0	0.0
34	6	50	0	0	3	1.0	0	0	0	0.0
35	6	83	17	0	3	1.3	0	1	0	0.0
36	6	50	0	0	4	1.5	0	0	0	0.0
37	6	50	0	0	2	0.7	0	0	0	0.0
38	6	83	0	0	3	1.8	0	0	0	0.0
Gem.		62	2 (0)			1.1			0	0.0

Bij de primair geïnfecteerde knollen nauwelijks kringerigheid vastgesteld en is ook weinig of geen virus gevonden. In het loof en in de van de eerste náteelt is geen virus aangetoond in een concentratie boven de grenswaarde van 10 virusdeeltjes per µliter plantensap, maar werd bij 62 procent van de knollen kringerigheid waargenomen. De aantasting door kringerigheid was sterk (gemiddeld ongeveer 2 procent aangetast knoloppervlak).

4.3.4 Santé

Tabel 54. **Kringerigheid en TRV in Santé knollen, moederplanten 2002, vector *T. primitivus***

plant- Nummer	Knollen			classificatie kringerigheidssymptomen			aantal TRV deeltjes per µl plantensap			
	totaal aantal	% Kringerig	% met TRV	minimum	maximum	gemiddeld	mini- mum	maxi- mum	gem.	gem. log
46	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
47	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
48	6	17	0	0	1	0.2	0	0	0	0.0
49	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
50	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
51	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
52	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
53	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
54	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
55	5	20	80	0	1	0.2	0	2598	1043	1.7
56	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
57	3	33	0	0	1	0.3	0	0	0	0.0
Gem.		6	8 (6)			0.1			116	0.1

Tabel 55. **TRV in het loof van Santé, eerste náteelt 2003, vector *T. primitivus***

plant- Nummer	aantal TRV deeltjes per µliter plantensap			
	Absoluut			
	¹⁰ log		plant 1	plant 2
46	0	0	0.0	0.0
47	0	0	0.0	0.0
48	0	0	0.0	0.0
49	0	0	0.0	0.0
50	0	0	0.0	0.0
51	0	0	0.0	0.0
52	0	0	0.0	0.0
53	0	0	0.0	0.0
54	0	0	0.0	0.0
55	0	0	0.0	0.0
56	0	0	0.0	0.0
57	0	0	0.0	0.0
Gem.	0	0	0.0	0.0

Tabel 56. **Kringerigheid en TRV in Santé knollen, eerste nateelt 2003, vector *T. primitivus***

plant- Nummer	Knollen			classificatie kringerigheidssymptomen			aantal TRV deeltjes per µl plantensap			
	totaal aantal	% Kringerig	% met TRV	minimum	maximum	gemiddeld	mini- mum	maxi- mum	gem.	gem. log
46	6	0	0	0	0	0.0	0	0	0	0.0
47	6	0	0	0	0	0.0	0	0	0	0.0
48	6	17	0	0	1	0.2	0	0	0	0.0
49	6	0	17	0	0	0.0	0	1	0	0.0
50	6	33	0	0	2	0.5	0	0	0	0.0
51	6	17	0	0	1	0.2	0	0	0	0.0
52	6	0	0	0	0	0.0	0	0	0	0.0
53	6	0	0	0	0	0.0	0	0	0	0.0
Gem.		8	2 (0)			0.1			0	0.0

Bij de primair geïnfecteerde knollen is slechts heel weinig kringerigheid waargenomen en is alleen bij knollen van moederplant 55 (behoorlijk wat) virus aangetroffen. In het loof van de eerste nateelt is geen virus aangetoond. Ook in de knollen van de eerste nateelt is geen virus van betekenis gevonden, maar er zijn geen knollen getoetst afkomstig van moederplant 55. Evenals bij de primair geïnfecteerde knollen werd wel enige kringerigheid aangetroffen (bij 8 procent van de knollen).

4.3.5 Saturna

Tabel 57. **Kringerigheid en TRV in Saturna knollen, moederplanten 2002, vector *T. primitivus***

plant- Nummer	Knollen			classificatie kringerigheidssymptomen			aantal TRV deeltjes per µl plantensap			
	totaal aantal	% Kringerig	% met TRV	minimum	maximum	gemiddeld	mini- mum	maxi- mum	gem.	gem. log
61	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
62	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
63	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
64	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
65	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
66	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
67	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
68	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
69	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
70	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
71	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
72	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
Gem.		0	0 (0)			0			0	0.0

Tabel 58. **TRV in het loof van Saturna, eerste nateelt 2003, vector *T. primitivus*,**

plant- Nummer	Aantal TRV deeltjes per µliter plantensap			
	Absoluut		¹⁰ log	
	plant 1	plant 2	plant 1	plant 2
61	0	0	0.0	0.0
62	0	0	0.0	0.0
63	0	0	0.0	0.0
64	0	0	0.0	0.0
65	0	0	0.0	0.0
66	0	0	0.0	0.0
67	0	0	0.0	0.0
68	0	0	0.0	0.0
69	0	0	0.0	0.0
70	0	0	0.0	0.0
71	0	0	0.0	0.0
72	0	0	0.0	0.0
gem.	0	0	0.0	0.0

Tabel 59. **Kringerigheid en TRV in Saturna knollen, eerste nateelt 2003, vector *T. primitivus***

plant- Nummer	Knollen			classificatie kringerigheidssymptomen			aantal TRV deeltjes per µl plantensap			
	Totaal aantal	% kringerig	% met TRV	Minimum	maximum	Gemiddeld	mini- mum	maxi- mum	gem.	gem. log
61	6	33	17	0	1	0.3	0	1	0	0.0
62	6	17	17	0	2	0.3	0	3	1	0.1
63	6	0	0	0	0	0.0	0	0	0	0.0
64	6	50	0	0	2	1.0	0	0	0	0.0
65	6	0	0	0	0	0.0	0	0	0	0.0
66	6	67	17	0	2	0.8	0	1	0	0.0
67	6	0	0	0	0	0.0	0	0	0	0.0
68	6	0	17	0	0	0.0	0	1	0	0.0
Gem.		21	8 (0)			0.3			0	0.0

Bij de knollen van de primair geïnfecteerde moederplanten is geen virus gevonden en is ook geen kringerigheid vastgesteld. Ook in het loof van de eerste nateelt is geen virus gevonden. Bij 21 procent van de knollen van de eerste nateelt kwam echter kringerigheidssymptomen voor, al was de mate van aantasting heel laag. Gebaseerd op de grenswaarde van 10 virusdeeltjes per µliter plantensap kwam er echter geen TRV in deze knollen voor.

4.3.6 Wilja

Tabel 60. **Kringerigheid en TRV in Wilja knollen, moederplanten 2002, vector *T. primitivus***

plant- Nummer	Knollen			classificatie kringerigheidssymptomen			aantal TRV deeltjes per µl plantensap			
	totaal aantal	% kringerig	% met TRV	minimum	maximum	gemiddeld	mini- mum	maxi- mum	gem.	gem. log
76	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
77	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
78	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
79	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
81	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
82	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
83	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
84	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
85	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
86	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
87	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
Gem.		0	0 (0)			0			0	0.0

Tabel 61. **TRV in het loof van Wilja, eerste nateelt 2003, vector *T. primitivus***

plant- Nummer	aantal TRV deeltjes per µliter plantensap			
	Absoluut		¹⁰ log	
	plant 1	plant 2	plant 1	Plant 2
76	0	0	0.0	0.0
77	0	0	0.0	0.0
78	0	0	0.0	0.0
79	0	0	0.0	0.0
80	0	0	0.0	0.0
81	0	0	0.0	0.0
82	0	0	0.0	0.0
83	0	0	0.0	0.0
84	0	0	0.0	0.0
85	0	0	0.0	0.0
86	0	0	0.0	0.0
87	0	0	0.0	0.0
Gem.	0	0	0.0	0.0

Tabel 62. **Kringerigheid en TRV in Wilja knollen, eerste nateelt 2003, vector *T. primitivus***

plant- Nummer	Knollen			classificatie kringerigheidssymptomen			aantal TRV deeltjes per µl plantensap			
	Totaal aantal	% kringerig	% met TRV	Minimum	Maximum	gemiddeld	mini- mum	maxi- mum	gem.	gem. log
76	6	0	17	0	0	0	0	5	1	0.1
77	6	0	17	0	0	0	0	1	0	0.0
78	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
79	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
80	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
81	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
82	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
83	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
Gem.		0	4 (0)			0			0	0.0

Bij de knollen van primair geïnfecteerde moederplanten is geen virus aangetoond en is ook geen kringerigheid gevonden. Ook in het loof van de eerste nateelt is geen virus aangetoond. In de knollen van de nateelt werd bij enkele knollen een zeer lage virusconcentratie gemeten, maar gebaseerd op een grenswaarde van 10 virusdeeltjes per µliter is het virus in de nateeltknollen niet aangetoond. Ook was in deze knollen geen kringerigheid waarneembaar.

4.3.7 Stengelbont en kringerigheid 1^e en 2^e nateelt

Op het veld zijn bij diverse rassen in de eerste nateelt wat bontverschijnselen waargenomen. Het ging hier om Bintje met nakomelingen van de moederplanten 1, 7, 8 en 11 (allen één plant met symptomen). Bij Bintje is echter in het loof en in de knollen van de eerste nateelt geen TRV aangetoond. Ook zijn bontsymptomen waargenomen in Saturna (één plant afkomstig van moederplant 67). Ook bij Saturna is echter geen TRV in het loof gevonden. In de knollen kwam wel TRV voor, maar niet bij de knollen die afkomstig waren van moederplant nummer 67. Bij Wilja is bij één plant, afkomstig van moederplant 80, bont gezien. In het loof van Wilja is echter geen TRV aangetroffen en bij de knollen is er wat virus gevonden, maar dan alleen in de knollen afkomstig van moederplanten 76 en 77. En bij Santé is bont gesignaleerd bij één plant afkomstig van moederplant 106, wat een virusvrije controle plant was.

In de tweede nateelt is bij een groot aantal planten (stengel)bont waargenomen. Bij Bintje kwam bont voor bij 84 planten (alle planten afkomstig van alle moederplanten). Bij Roxy is bij 2 planten bont gezien (beide van moederplant 24). Bij Santana ging het om 7 planten (1 van moederplant 33, 3 van moederplant 37, 2 van moederplant 38 en 1 van moederplant 40). Bij Saturna was bont aanwezig in 10 planten (2 planten van de moederplanten: 61, 63, 64, 67 en 1 plant van de moederplanten 68 en 72). Bij Wilja ging het om 26 planten met bont (1 van moederplanten 76 en 82, 2 planten afkomstig van de moederplanten 80 en 81, 3 planten afkomstig van de moederplanten 79, 84, 85 en 86 en 4 planten afkomstig van de moederplanten 83 en 87). Ook in de virusvrije controle planten werd bont waargenomen. Bij Bintje in alle planten, bij Roxy in 1 plant (afkomstig van moederplant 104), bij Santana in 1 plant (afkomstig van moederplant 105), bij Saturna in 2 planten (van moederplant 109 en 110) en in Wilja in 8 planten (afkomstig van de moederplanten 111 en 112).

Na afloop van de veldproeven in 2003 en 2004 (respectievelijk de eerste en tweede nateelt) zijn knollen bewaard en overlans doorgesneden en is de mate van aantasting door kringerigheid beoordeeld.

Tabel 63. **Kringerigheid bij 6 aardappelrassen, eerste náteelt 2003, vector *T. primitivus***

Ras	virus	totaal aantal knollen	percentage knollen met kringerigheid				kringerigheid- index ¹	Opmerking
			licht	matig	zwaar	totaal		
Bintje	ja	569	0	0	0	0	0	soms knollen met een stipje of streepje
Roxy	ja	496	0	0	0	0	0	soms knollen met een stipje
Santana	ja	313	27	8	3	38	17	
Santé	ja	373	5	0	0	5	2	soms knollen met een stipje
Saturna	ja	633	3	1	0	4	1	soms knollen met rode stip
Wilja	ja	382	0	0	0	0	0	soms knollen met bruine streep
Bintje	nee	65	0	0	0	0	0	
Roxy	nee	41	0	0	0	0	0	
Santana	nee	50	9	11	3	23	14	
Santé	nee	40	2	0	0	2	1	
Saturna	nee	74	4	0	0	4	1	knollen met rode stip
Wilja	nee	65	1	1	0	2	1	soms knollen met bruine streep

1) kringerigheidindex: 0 – 100 (0: geen enkele knol aangetast, 100: alle knollen zwaar aangetast)

Wat betreft de nakomelingen van de met virus 'geladen' plant vertoonden Bintje, Roxy en Wilja geen aantasting, Santé en Saturna hadden een zeer lichte aantasting (meestal bestaande uit enkele stippen) en alleen Santana was sterk aangetast waarbij meer dan een kwart van de knollen symptomen vertoonde. Bij de nakomelingen van de virusvrije controle kwam bij Bintje en Roxy eveneens geen kringerigheid voor en was de aantasting bij Santé, Saturna en Wilja zeer gering. Bij Santana was echter sprake van een sterke aantasting. Mogelijk is de controlepartij van Santana toch niet virusvrij geweest of gebleven.

Na afloop van 2004 (tweede nateelt) zijn alleen knollen van het ras Santana beoordeeld op kringerigheid. Kringerigheid kwam bij dit (zeer) gevoelige ras toen nauwelijks voor en dan alleen nog in zeer lichte mate. Daarom is besloten om bij de andere rassen geen beoordeling uit te voeren, omdat dit niet zinvol leek.

Tabel 64. **Kringerigheid bij Santana, tweede náteelt 2004, vector *T. primitivus***

Ras	Virus	Totaal Aantal knollen	Percentage knollen met kringerigheid				Kringerigheid- Index ¹	Opmerking	
			zeer licht	licht	Matig	zwaar			
Santana	ja	689	2	1	0	0	3	1	zeer lichte aantasting: als speldeprik

1) kringerigheidindex: 0 – 100 (0: geen enkele knol aangetast, 100: alle knollen zwaar aangetast)

4.4 Opbrengsteffect bij secundaire infectie met TRV

Bij het veldonderzoek aan de eerste en tweede nateelt zijn ook de knolopbrengst en de –sortering bepaald. Deze proeven zijn echter niet in herhalingen uitgevoerd. Het aantal planten per ras en behandeling (wel of niet met virus geïnfecteerde moederplant) liep bovendien sterk uiteen. Uit resultaten van ander landbouwkundig onderzoek is bekend dat er een grote variatie is in opbrengst tussen planten. Om dit 'toevalseffect' te minimaliseren en de gemiddelde opbrengst per plant te stabiliseren, wordt in veel gevallen uitgegaan van een netto te oogsten veld van 10 m² (persoonlijke mededeling C. Bus). Bij een pootafstand van 75 bij 35 cm, zou dat betekenen dat er per plot ongeveer 36 planten geoogst zouden moeten worden. Daarvoor was meestal niet genoeg pootgoed beschikbaar (vooral niet van de niet-geïnfecteerde controleplanten), waardoor de veldjes veel te klein werden om de opbrengst betrouwbaar te kunnen bepalen.

Onderzoek in Schotland 1999 – 2002

In recent onderzoek uit Schotland (Dale *et al*, 2004) met negen aardappelrassen is aangetoond dat besmetting met tabaksratelvirus aanzienlijke gevolgen kan hebben voor opkomst, groei, opbrengst en kwaliteit van aardappelen. In dit hoofdstuk wordt een samenvatting van dit onderzoek gegeven.

In 1999 zijn potten grond, met daarin *P. pachydermus* die besmet waren met TRV. De potten werden getoetst op aanwezigheid van TRV via zaailingen van de toetsplant *Nicotiana tabacum*. In potten waarvan de zaailingen symptomen van TRV vertoonden, werden virusvrij aardappelknollen gepoot. Van de uitgegroeide planten zijn de knollen geoogst en in 2000 gepoot in potten in de kas. Deze potten werden gevuld met steriele compost. Van de eerst gevormde bladeren van de nieuwe planten, werden monsters genomen voor een ELISA toets om de aanwezigheid van virus vast te stellen. Planten waarin het virus via ELISA kon worden aangetoond, werden uitgeplant in het veld. Ongeveer 6 weken na het uitplanten werd nogmaals getoetst op aanwezigheid van virus via ELISA. Planten waarin het virus niet kon worden aangetoond werden daarna alsnog verwijderd. De overgebleven planten groeiden verder uit, waarna de knollen werden geoogst en het jaar daarop (2001) uitgeplant ter vermeerdering. De knollen van dat gewas zijn uitgepoot in een proef in 2002, waarna van deze proef de opbrengsten van wel en niet met TRV besmette knollen zijn bepaald.

De veldproef in 2002 is uitgevoerd in 6 herhalingen met 9 rassen. Deze proef werd opgezet als een split-plot proef, met de rassen in de hoofdplot en besmet en niet-besmet pootgoed in de subplots. Elk plot bestond uit 10 knollen.

Van de besmette veldjes, zijn van tien a-select gekozen planten de bladeren via ELISA getoetst op aanwezigheid van virus. In alle getoetste planten die afkomstig waren van planten die in 1999 primair waren geïnfecteerd, werd TRV aangetroffen. Na de oogst zijn van elke plot 10 knollen doorgesneden en beoordeeld op kringerigheid. In geen van de knollen werd kringerigheid gevonden.

Bij alle rassen was de opkomst van de geïnfecteerde planten (wat) vertraagd en bij de meeste rassen verliep de ontwikkeling wat trager waardoor het gewas later afrijpte. Bij de met TRV besmette planten was het aantal misvormde knollen en het aantal knollen met groeischeuren veel hoger dan bij de niet-besmette planten. Ook in kwalitatieve zin waren er verschillen, want bij de met TRV besmette planten was het droge stof percentage bij alle rassen enkele procenten lager en was de kleur na koken bij sommige rassen ook duidelijk slechter.

In tabel 65 staan opbrengstgegevens per ras en van wel of niet met TRV besmette planten.

Tabel 65. **Gewicht en aantal knollen van al of niet met TRV besmette aardappelplanten (Dale *et al.* 2004)**

Ras	Totale kg opbrengst per 10 planten			totaal aantal knollen per 10 planten		
	Geen TRV	TRV	TRV Relatief ¹	Geen TRV	TRV	TRV relatief
King Edward	29.6	26.2	89	237.5	213.0	90
Marfona	28.2	18.5	66	111.0	164.3	148
Nadine	35.0	13.2	38	230.0	199.8	87
Rocket	30.3	19.2	63	144.2	261.8	182
Romano	20.8	16.2	78	113.8	150.5	132
Santé	32.1	30.2	94	174.0	166.2	96
Saxon	28.9	23.7	82	166.3	104.7	63
Shepody	23.6	17.7	75	87.0	126.7	146
Wilja	27.5	21.1	77	180.2	165.8	92
gemiddeld	28.5	20.7	73	160.4	172.5	108
LSD 5%	3.3			30.7		

1. TRV relatief: de opbrengst van geen TRV =100

Uit de tabel blijkt dat de er grote (en statistisch betrouwbare) opbrengstderving kan ontstaan door secundaire besmetting met tabaksratelvirus. De opbrengstdaling bij de onderzochte rassen loopt van 6 % (Santé) tot ruim 60 % (Nadine). Bij de meeste rassen neemt het aantal knollen bij besmetting wel toe, maar dan vooral van de niet-leverbare, te kleine sortering.

Bespreking resultaten onderzoek Schotland

In het onderzoek zoals dat in Schotland is uitgevoerd is, ná de primaire besmetting in 1999, in de twee daaropvolgende jaren steeds geselecteerd in de planten op aanwezigheid van TRV door middel van de ELISA toets. Planten die geen virus (b)leken te bevatten, zijn verwijderd. Hierdoor zijn waarschijnlijk alleen planten overgebleven die (vrij) veel virus bevatten. Vervolgens is in 2002 van deze (relatief 'virusrijke' planten) de opbrengst bepaald en vergeleken met die van virusvrije planten.

Uit het PPO onderzoek komt naar voren dat bij de meeste rassen de secundaire infectie wel kan plaatsvinden, maar dat de virusoverdracht zodanig is dat in de volgende generatie (knollen) de virusconcentratie vaak aanzienlijk daalt. In de praktijk zal daardoor in de loop van twee of meerdere generaties bij de meeste rassen de virusconcentratie zover zijn gedaald dat (vele) planten (vrijwel) virusvrij zijn.

Als er geen nieuwe primaire infectie door aaltjes plaatsvindt, zal daarom in praktijksituaties het percentage planten dat (veel) virus bevat, (veel) lager zijn dan in dit Schotse onderzoek. De opbrengstdaling zal daardoor naar verwachting in de praktijk ook lager zijn.

Het Schotse onderzoek maakt echter wel duidelijk wat de potentiële opbrengstderving bij verschillende rassen is, als een gewas volledig met tabaksratelvirus is besmet.

5 Conclusies en discussie

De belangrijkste resultaten van het onderzoek zijn onderstaand per ras en per vectoraaltje samengevat in tabel 66. In de discussie is de mate van vatbaarheid voor tabaksratelvirus omschreven naar aanleiding van de PCR resultaten waarbij de virusconcentratie – in de vorm van de log 10 waarde van het aantal virusdeeltjes per µliter plantensap – grotendeels bepalend was maar ook is gekeken naar het percentage besmette knollen. De mate van symptoomvorming is vastgesteld met behulp van de kringerigheidsbeoordeling van de knollen. Daarbij is zowel de gekeken naar het relatief beperkte aantal knollen (meestal enige tientallen) dat – voorafgaand aan de PCR metingen – door PRI is beoordeeld (in de tabel aangeduid als “PCR knollen”), maar vooral naar de aantasting bij het grotere aantal knollen dat door PPO is beoordeeld (in de tabel aangeduid als “overige knollen”).

De mogelijke invloed van verschillen in TRV infectiedruk in de drie inoculumgronden op de vertoonde resultaten van de virus-vectorcombinaties, kan niet precies worden nagegaan. *P. pachydermus* had een onbekende, maar vermoedelijk hoge infectiepotentiaal, *P. teres* een zeer lage (MPN 0.13 per 400 ml = ca 4 per pot) en *T. primitivus* een matige (MPN 2.7 per 400 ml = ca 81 per pot).

Gezien het voorkomen van TRV in primair geïnfecteerde knollen van meerdere rassen, kan echter worden geconcludeerd dat de infectiedruk in het algemeen toereikend was.

P. teres heeft de lage infectie druk mogelijk deels gecompenseerd met de van dit aaltje bekende relatief sterke migratieactiviteit (persoonlijke mededeling F. Zoon). Wel is het mogelijk dat de zeer lage TRV-infectiedruk van *P. teres* een nogal variabele infectie heeft veroorzaakt (knollen met veel naast knollen met niets) zoals bij Santana te zien is. Onderschatting van de vatbaarheid en gevoeligheid van rassen in de combinatie met *P. teres* is daarom niet uit te sluiten.

Dit onderzoek is gedaan met drie virus-vectorcombinaties en de neiging bestaat om de resultaten per virus-vector combinatie algemeen geldig te verklaren. Zolang echter per vectorsoort niet meerdere virus-dragende herkomsten zijn bestudeerd, moet voorzichtigheid betracht worden bij het generaliseren van de hier gevonden resultaten. Het is namelijk mogelijk dat een andere virusstam met hetzelfde aaltje een wat ander resultaat geeft qua vatbaarheid en gevoeligheid.

Tabel 66. **Samenvatting TRV onderzoek aardappelrassen, 2000-2004**

Ras	Vector	TRV								kringerigheid							
		moederplanten			1 ^e nateelt					PCR knollen				overige knollen			
		knollen			loof		knollen			Moederplanten		1 ^e nateelt		1 ^e nateelt		2 ^e nateelt	
		% ¹	gemid ²	log ³	gemid	log	%	gemid	log	% Knol ⁴	class ⁵	% knol	class	% knol	Index ⁶	%	Index
Bintje	<i>P. pachydermus</i>	60 (25)	93	0.6	0.5	0.1	29 (16)	27	0.3	0	0.0	0	0.0	-	-	7	-
	Controle	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>P. teres</i>	17 (2)	0.6	0.1	104	1.5	0 (0)	0	0.0	0	0.0	0	0.0	4	2	4	1
	Controle	-	-	-	40	1.6	0 (0)	0	0.0	-	-	0	0.0	-	-	0	0
	<i>T. primitivus</i>	46 (10)	4	0.2	0	0.0	2 (0)	0	0.0	4	0.0	0	0.0	0	0	-	-
Controle	-	-	-	0	0.0	-	-	-	-	-	-	-	0	0	-	-	
Roxy	<i>P. pachydermus</i>	96 (42)	12	1.0	0.6	0.1	-	-	-	0	0.0	-	-	-	-	2	-
	Controle	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>P. teres</i>	0 (0)	0	0.0	54	1.4	0 (0)	0	0.0	0	0.0	0	0.0	8	4	2	1
	Controle	-	-	-	74	1.9	0 (0)	0	0.0	-	-	25	0.3	-	-	0	0
	<i>T. primitivus</i>	7 (2)	4	0.0	0	0.0	4 (0)	0	0.0	0	0.0	8	0.1	0	0	-	-
Controle	-	-	-	0	0.0	-	-	-	-	-	-	-	0	0	-	-	
Santana	<i>P. pachydermus</i>	71 (51)	118000	1.9	3316	3.1	90 (87)	120531	2.7	86	1.6	44	0.8	-	-	30	-
	Controle	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>P. teres</i>	62 (46)	27160	2.1	1996	1.2	7 (4)	546	0.2	26	0.4	81	0.9	49	30	13	5
	Controle	-	-	-	52	1.7	0 (0)	0	0.0	-	-	25	0.3	-	-	0	0
	<i>T. primitivus</i>	2 (0)	0	0.0	0	0.0	2 (0)	0	0.0	2	0.0	62	1.1	38	17	3	1
Controle	-	-	-	0	0.0	-	-	-	-	-	-	-	23	14	-	-	
Santé	<i>P. pachydermus</i>	79 (44)	62	0.8	560	1.6	37 (6)	3	0.2	44	0.9	0	0.0	-	-	8	-
	Controle	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>P. teres</i>	59 (48)	17474	1.2	3170	2.3	0 (0)	0	0.0	2	0.1	6	0.1	9	4	6	3
	Controle	-	-	-	28	1.2	0 (0)	0	0.0	-	-	25	0.3	-	-	0	0
	<i>T. primitivus</i>	8 (6)	116	0.1	0	0.0	2 (0)	0	0.0	6	0.1	8	0.1	5	2	-	-
Controle	-	-	-	0	0.0	-	-	-	-	-	-	-	2	1	-	-	

1. percentage knollen waarin TRV is aangetoond. Tussen haakjes: percentage knollen met een virusconcentratie gelijk aan of hoger dan 10 virusdeeltjes per µliter plantensap.
2. virusconcentratie: gemiddeld aantal virusdeeltjes per µliter plantensap
3. log¹⁰ van het aantal virusdeeltjes per µliter plantensap.
4. percentage knollen met kringerigheidssymptoom
5. classificatie mate van kringerigheid: aangetast knoloppervlak (0: 0 %, 1: 1 – 2% , 2: 3 – 6%, 3: 7 – 15%, 4: 16-40-%, 5: > 40 %)
6. kringerigheidindex: 0 – 100 (0 = geen enkele knol aangetast; 100 = alle knollen zwaar aangetast).

Tabel 66. **Vervolg: samenvatting TRV onderzoek aardappelrassen, 2000-2004**

ras	vector	TRV								kringerigheid							
		moederplanten			1 ^e nateelt					PCR knollen				overige knollen			
		knollen			loof		knollen			moederplanten		1 ^e nateelt		1 ^e nateelt		2 ^e nateelt	
		%	gemid ²	log ³	gemid	log	%	gemid	log	% knol ⁴	class ⁵	% knol	class	%	index ⁶	%	index
Saturna	<i>P. pachydermus</i>	47 (9)	8	0.2	0.6	0.1	7 (0)	0	0.0	0	0.0	0	0.0	-	-	8	-
	Controle	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>P. teres</i>	42 (23)	195	0.4	265	1.8	-	-	-	0	0.0	-	-	5	3	3	1
	Controle	-	-	-	3	0.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0
	<i>T. primitivus</i>	0 (0)	0	0.0	0	0.0	8 (0)	0	0.0	0	0.0	21	0.3	4	1	-	-
	Controle	-	-	-	0	0.0	-	-	-	-	-	-	-	4	1	-	-
Wilja	<i>P. pachydermus</i>	100 (97)	1077357	4.7	0.5	0.1	44 (27)	73144	0.9	28	0.3	8	0.1	-	-	8	-
	Controle	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>P. teres</i>	53 (3)	1	0.2	267	1.6	0 (0)	0	0.0	0	0.0	3	0.0	0	0	1	0
	Controle	-	-	-	22	1.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0
	<i>T. primitivus</i>	0 (0)	0	0.0	0	0.0	4 (0)	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0	-	-
	Controle	-	-	-	0	0.0	-	-	-	-	-	-	-	2	1	-	-

2. percentage knollen waarin TRV is aangetoond. Tussen haakjes: percentage knollen met een virusconcentratie gelijk aan of hoger dan 10 virusdeeltjes per µliter plantensap.
3. virusconcentratie: gemiddeld aantal virusdeeltjes per µliter plantensap
4. log¹⁰ van het aantal virusdeeltjes per µliter plantensap.
5. percentage knollen met kringerigheidssymptoom
6. classificatie mate van kringerigheid: aangetast knoloppervlak (0: 0 %, 1: 1 – 2% , 2: 3 – 6%, 3: 7 – 15%, 4: 16-40%, 5: > 40 %)
7. kringerigheidindex: 0 – 100 (0 = geen enkele knol aangetast; 100 = alle knollen zwaar aangetast).

5.1 Bintje

Vector: *P. pachydermus*

Met *P. pachydermus* als primaire vector was het percentage met virus aangetaste knollen van de moederplanten van Bintje vrij hoog, maar de gemiddelde virusconcentratie was laag. Soms kwamen enkele knollen voor met een hogere virusconcentratie (enkele honderden tot enkele duizenden virusdeeltjes per µliter plantensap), maar bij de nakomelingen van deze moederplanten was de virusconcentratie laag. In het loof van de nateelt kwam heel weinig virus voor. Bij de knollen van de nateelt was het percentage met virus aangetaste knollen lager en ook de virusconcentratie was lager dan bij de knollen van de moederplanten. Kringrigheid kwam bij primaire infectie niet voor. Bij de eerste nateelt was dat ook het geval, maar bij de tweede nateelt is bij 7% van de knollen kringrigheid gevonden. Er is geen beoordeling op kringrigheid uitgevoerd bij nakomelingen van niet-geïnfecteerde planten, zodat er geen vergelijking tussen wel en niet (primair) geïnfecteerde moederplanten mogelijk is. Bintje was weinig vatbaar voor primaire infectie met het virustype dat door *P. pachydermus* wordt overgebracht. De virusoverdracht via de knol lijkt gering te zijn en het ras lijkt weinig gevoelig te zijn voor kringrigheid.

Vector: *P. teres*

Als de primaire infectie wordt veroorzaakt door *P. teres*, dan is Bintje gezien het percentage met virus besmette knollen van de moederplanten en de gemiddelde virusconcentratie weinig vatbaar en symptomeloos. De lage infectiedruk kan hiervoor niet de enige reden zijn (zie 5.3). Het loof van de nateelt bevatte wel wat virus, maar de knollen niet. Bij secundaire infectie lijkt het ras dan ook onvatbaar en symptomeloos (wat betreft de PCR knollen). Maar er zijn in geringe mate kringrigheidsymptomen gevonden bij de overige knollen van de eerste en de tweede nateelt. Bij de tweede nateelt is geen kringrigheid gevonden bij de nakomelingen van de niet-primaire geïnfecteerde (controle)planten. Bintje was dan ook weinig vatbaar, de virusoverdracht via de knollen lijkt gering te zijn en het ras is bij dit virustype weinig gevoelig voor kringrigheid.

Vector: *T. primitivus*

Bij primaire infectie door *T. primitivus* is Bintje, gezien het percentage met virus besmette knollen van de moederplanten en de gemiddelde virusconcentratie in deze knollen, weinig vatbaar voor primaire infectie. In het loof en de knollen van de nateelt kon geen virus worden aangetoond, zodat de overdracht via het pootgoed bij Bintje hier niet aan de orde lijkt te zijn. Bintje is ongevoelig voor kringrigheid bij dit virustype.

5.2 Roxy

Vector: *P. pachydermus*

Gezien het percentage met virus aangetaste knollen van de moederplanten en (vooral) de gemiddelde virusconcentratie in deze knollen, is Roxy weinig vatbaar voor primaire infectie met TRV als *P. pachydermus* optreedt als vector. In het loof van de nateelt is weinig virus gevonden. Er zijn geen virusmetingen gedaan bij knollen van de eerste nateelt, zodat geen directe conclusie kan worden getrokken wat betreft de overdraagbaarheid van dit virustype via de knol. Roxy bleek bij de PCR-knollen van de moederplanten geen kringrigheid te vertonen. Bij de tweede nateelt kwam bij 2% van de knollen wat kringrigheid voor, maar er is geen waarneming bij nakomelingen van niet-geïnfecteerde (controle)planten uitgevoerd, zodat niet zeker is of TRV de oorzaak van de symptomen is. Omdat er bij de vector *P. teres* bij de tweede nateelt ook wat kringrigheid is waargenomen en er bij de controleplanten van die vector geen kringrigheid is gevonden, mag verondersteld worden dat het ook bij *P. pachydermus* wel degelijk ging om kringrigheid. Daarom kan worden aangenomen dat Roxy in de nateelt toch wat virus heeft bevat en in geringe mate symptomen heeft gevormd. De virusoverdracht lijkt daarom gering te zijn en het ras lijkt weinig gevoelig voor kringrigheid.

Vector: *P. teres*

Er werd bij deze vector geen virus in de knollen van moederplanten of van de nateelt gevonden. Daarom lijkt Roxy onvatbaar voor dit virustype en aangezien er ook geen kringerigheid in deze knollen werd waargenomen ook ongevoelig voor kringerigheid. De lage infectiedruk kan hiervoor niet de enige reden zijn (zie 5.3). Opvallend was dat bij de knollen van de eerste nateelt van niet-geïnfecteerde moederplanten een lichte vorm van kringerigheid is gevonden, zonder dat er TRV in de knollen aangetoond kon worden.

Mogelijk is het virus in de knol bij de monsternamen voor PCR gemist.

Bij knollen van de tweede nateelt is bij de nakomelingen van de geïnfecteerde planten ook een lichte vorm van kringerigheid aangetroffen, terwijl dat bij de nakomelingen van niet-geïnfecteerde moederplanten (controle) niet het geval was. Roxy is daarom als weinig gevoelig en als heel weinig vatbaar voor dit virustype beschouwd. De virusoverdracht via het pootgoed is waarschijnlijk gering.

Vector: *T. primitivus*

Bij deze vector werd vrijwel geen virus in de knollen van de moederplanten aangetroffen en ook in de knollen van de eerste nateelt werd geen virus aangetoond. Voor primaire infectie met dit virustype lijkt Roxy dan ook onvatbaar te zijn. Het virus lijkt vrijwel niet te worden overgedragen via de knol. In de knollen van de eerste nateelt werd in zeer geringe mate kringerigheid waargenomen, maar omdat er in deze (voor PCR bestemde) knollen geen virus kon worden aangetoond (in concentraties boven de grenswaarde) en in de niet voor PCR bestemde knollen geen kringerigheid is gevonden, is de aantasting waarschijnlijk niet door TRV veroorzaakt. Bij dit virustype is Roxy ongevoelig voor kringerigheid.

5.3 Santana

Vector: *P. pachydermus*

Vanwege het hoge percentage met virus aangetaste knollen van de moederplanten en de behoorlijk hoge virusconcentratie in deze knollen is Santana heel vatbaar voor TRV dat via primaire infectie door *P. pachydermus* wordt overgebracht en er treedt dan in sterke mate kringerigheid op.

Bij de eerste nateelt zijn nog meer knollen met virus aangetast en is de virusconcentratie zelfs hoger dan bij de knollen van de moederplanten. De virusoverdracht via het pootgoed is in dit geval dan ook hoog. Wel nemen bij de nateelt de kringerigheid symptomen wat af, zowel wat betreft het percentage knollen als de mate van aantasting, maar het ras blijft bij dit virustype zeer gevoelig voor kringerigheid.

Vector: *P. teres*

Met *P. teres* als vector is het percentage door virus aangetaste knollen van de moederplanten en de gemiddelde virusconcentratie vrij hoog. Santana blijkt dan ook vatbaar voor primaire infectie met dit virustype (ondanks de zeer lage infectiedruk van slechts enkele virusoverdragende aaltjes per pot).

De symptoomvorming in de primair geïnfecteerde knollen is wel geringer dan bij *P. pachydermus*, maar het ras is ook bij deze vector heel gevoelig voor kringerigheid. In knollen van de eerste nateelt is de virusaantasting lager dan bij de knollen van de moederplanten. De mate van virusoverdracht via het pootgoed is dan ook matig, maar door de hoge gevoeligheid vindt ook dan sterke symptoomvorming plaats en het ras is dan ook zeer gevoelig voor kringerigheid bij dit virustype.

Vector: *T. primitivus*

Als TRV door *T. primitivus* is overgebracht, kon er geen virus worden aangetoond in de knollen van de moederplanten, zodat het ras in eerste instantie onvatbaar lijkt te zijn voor primaire infectie met dit virustype. Ook de knollen van de nateelt kon geen virus worden gevonden. Bij de knollen van moederplanten werd nauwelijks kringerigheid gevonden, maar bij knollen van de eerste nateelt werden wel sterke symptomen van kringerigheid waargenomen. Echter ook in de knollen van de nateelt van niet-geïnfecteerde (controle) planten werd vrij veel kringerigheid waargenomen, waardoor aannemelijk lijkt dat de 'secundaire' kringerigheid niet (alleen) door de aan de moederplanten opgelegde primaire TRV-infectie werd veroorzaakt. Bij de nakomelingen van de geïnfecteerde planten was de aantasting hoger dan bij de niet-geïnfecteerde, zodat Santana toch als (matig) symptoomvormend kan worden gezien, wat de aanwezigheid van TRV veronderstelt. Santana wordt daarom, ondanks de negatieve uitslagen van PCR, als (zeer weinig) vatbaar voor dit virustype beschouwd en (matig) gevoelig voor kringerigheid.

5.4 Santé

Vector: *P. pachydermus*

Gezien de gemiddelde virusconcentratie in de knollen van de moederplanten, is Santé weinig vatbaar voor primaire infectie met TRV dat door *P. pachydermus* wordt overgebracht. Het ras vertoont echter in aanzienlijke mate symptomen in deze knollen en is dus (matig) gevoelig voor kringerigheid. In de knollen van de nateelt is heel weinig virus aangetroffen, zodat de virusoverdracht via pootgoed gering is geweest. Er is in de tweede nateelt bij 8% van de knollen wel kringerigheid gevonden. Aangezien er geen waarneming bij knollen van de nakomelingen van de niet-geïnfecteerde (controle) planten is uitgevoerd, is niet zeker of het hierbij wel om kringerigheid ten gevolge van TRV ging, maar kan worden verondersteld dat er in de tweede nateelt wat symptoomvorming is opgetreden. Als dat zo is, moet er echter ook wat virus naar de tweede nateelt zijn overgedragen.

Vector: *P. teres*

Gezien het percentage door virus aangetaste knollen van de moederplanten en de gemiddelde virusconcentratie in deze knollen, is Santé matig vatbaar voor primaire infectie met TRV dat door *P. teres* wordt overgebracht. Er zijn in deze knollen echter weinig kringerigheidssymptomen waargenomen, zodat het ras weinig gevoelig lijkt te zijn. In knollen van de eerste nateelt is geen virus meer aangetoond, maar er is wel in geringe mate kringerigheid gevonden. Aangezien er in knollen van nakomelingen (eerste nateelt) van niet-geïnfecteerde moederplanten méér kringerigheid werd gevonden, kan betwijfeld worden of TRV wel de oorzaak van de symptomen is geweest. Bij de knollen van de tweede nateelt werd echter bij nakomelingen van de geïnfecteerde moederplanten in de knollen wel enige kringerigheid waargenomen en dat was niet het geval bij de nakomelingen van niet-geïnfecteerde moederknollen. Dit maakt aannemelijk dat het wel degelijk ging om kringerigheid ten gevolge van TRV. De conclusie is dan ook dat er bij Santé een geringe overdracht van dit virustype moet hebben plaatsgevonden.

Vector: *T. primitivus*

In tegenstelling tot de beide andere vectoraaltjes, werden er in de knollen van de moederplanten na infectie door *T. primitivus* heel weinig virus aangetroffen. Er waren zeer geringe kringerigheidssymptomen waarneembaar. In de eerste nateelt is geen virus meer aangetoond en ook heel weinig kringerigheid gevonden. Aangezien er in de (niet-PCR) knollen van de eerste nateelt van niet-geïnfecteerde moederplanten ook kringerigheid werd gevonden, mag betwijfeld worden of de kringerigheidssymptomen alleen door TRV werden veroorzaakt. Wel lijkt de mate van kringerigheid bij nakomelingen van geïnfecteerde planten hoger dan bij nakomelingen van niet-geïnfecteerde planten, zodat er mogelijk toch in geringe mate wat virus is overgedragen. Bij primaire infectie met dit virustype is Santé te beschouwen weinig vatbaar en weinig gevoelig.

5.5 Saturna

Vector: *P. pachydermus*

Het percentage aangetaste knollen van de moederplanten was vrij laag evenals de gemiddelde virusconcentratie, zodat Saturna weinig vatbaar lijkt te zijn voor primaire infectie met dit virustype. Er is bij de knollen van de moederplanten geen kringerigheid waargenomen. In het loof van de eerste nateelt kwam heel weinig virus voor en in de knollen helemaal niet. Saturna lijkt daarom onvatbaar en symptoomloos te zijn voor secundaire infectie met dit virustype. Evenals bij Bintje en Santé kwam er bij Saturna geen kringerigheid voor bij de eerste nateelt, maar wel bij de tweede nateelt, maar ook hier was er geen controle in de vorm van aantasting bij nakomelingen van niet-geïnfecteerde planten. Gezien het percentage knollen met kringerigheid in de tweede nateelt, dient Saturna toch als heel weinig symptoomvormend beschouwd te worden en dan is het ras ook weinig gevoelig. De virusoverdracht via het pootgoed is waarschijnlijk gering geweest.

Vector: *P. teres*

De gemiddelde virusconcentratie en het percentage aangetaste knollen was wel wat hoger dan bij *P. pachydermus*, maar toch zodanig laag dat Saturna weinig vatbaar is voor primaire infectie met het virustype dat door *P. teres* wordt overgebracht. Bij de knollen van de moederplanten is geen kringerigheid

waargenomen, zodat Saturna symptoomloos lijkt te zijn voor dit virustype. Ook in het loof van de eerste nateelt was de virusconcentratie hoger dan bij *P. pachydermus* als vector. Er zijn geen PCR-metingen gedaan bij de knollen van de eerste nateelt, zodat niet direct nagegaan kan worden of er ook virusoverdracht vanuit de planten van de eerste nateelt naar de nieuw gevormde knollen heeft plaatsgevonden. In de niet voor PCR bestemde knollen van de eerste nateelt is echter in geringe mate kringerigheid gevonden en dat gold ook voor knollen van de tweede nateelt. Bij knollen van de tweede nateelt van niet-geïnfecteerde (controle) moederplanten werd geen kringerigheid waargenomen. Het is daarom zeer waarschijnlijk dat er sprake was van TRV als veroorzaker van de kringerigheidssymptomen. Saturna wordt daarom beschouwd als weinig vatbaar voor primaire infectie en, bij dit virustype, weinig gevoelig voor kringerigheid. Er heeft waarschijnlijk een geringe overdracht van het virus via het pootgoed plaatsgevonden.

Vector: *T. primitivus*

Noch in de knollen van moederplanten, noch in het loof en de knollen van de eerste nateelt kon virus (in concentraties) boven de grenswaarde worden aangetoond. Saturna is daarom onvatbaar voor dit virustype. In de knollen van de moederplanten werd geen kringerigheid gevonden, zodat Saturna bij primaire infectie symptoomloos blijkt te zijn. Zowel in PCR-knollen als in knollen die niet voor PCR waren bestemd, is bij de eerste nateelt wat kringerigheid gevonden. Bij de niet voor PCR bestemde knollen werd echter in dezelfde mate kringerigheid gevonden bij knollen van nakomelingen van moederplanten die niet (primair) waren geïnfecteerd. Mogelijk zijn de kringerigheidssymptomen hier niet te wijten aan TRV, maar hebben ze een andere oorzaak. In dit opzicht valt te denken aan calciumgebrek (persoonlijke mededeling C. Bus) of potato mop-top virus (Rydén *et al*, 1994, Mølgaard *et al*, 1996).

Voor dit virustype lijkt Saturna (vrijwel) onvatbaar te zijn voor primaire infectie, het ras is ook ongevoelig voor kringerigheid en overdracht van virus via het pootgoed lijkt niet of nauwelijks plaats te vinden.

5.6 Wilja

Vector: *P. pachydermus*

Bij de moederplanten was het percentage met virus aangetaste knollen en de gemiddelde virusconcentratie bijzonder hoog, zodat Wilja heel vatbaar blijkt te zijn voor primaire infectie met dit virustype. Zeer opvallend was dat in het loof van de eerste nateelt nauwelijks virus kon worden gevonden. Bij de eerste nateelt was het percentage knollen met virus nog vrij hoog, maar wel lager dan bij de knollen van de moederplanten. Ook de virusconcentratie was bij de knollen van de nateelt wel hoog, zij het veel lager dan bij de knollen van de moederplanten. Via het pootgoed is blijkbaar een behoorlijk veel virus overgebracht. In de knollen van de moederplanten en van de eerste en tweede nateelt kwam weinig kringerigheid voor. Wilja is bij dit virustype dan ook weinig gevoelig voor kringerigheid.

Vector: *P. teres*

Bij de moederplanten was het percentage met virus aangetaste knollen heel laag evenals de gemiddelde virusconcentratie. Kringerigheid kwam in deze knollen niet voor. Wilja lijkt dan ook niet of nauwelijks vatbaar bij primaire infectie met dit virustype en is zeer weinig gevoelig voor kringerigheid. In tegenstelling tot bij *P. pachydermus* was in het loof van de eerste nateelt wel behoorlijk wat virus te vinden. In de knollen van deze planten kon echter geen virus worden aangetoond. Virusoverdracht via het pootgoed lijkt hierbij niet aan de orde te zijn. In de tweede nateelt is in het veld stengelbont waargenomen, maar dit kwam in vrijwel vergelijkbare mate voor bij nakomelingen van wel en niet geïnfecteerde moederplanten, zodat aannemelijk lijkt dat het verschijnsel niet door TRV werd veroorzaakt.

Vector: *T. primitivus*

Bij de moederplanten werd in de knollen geen virus aangetroffen en werd ook geen kringerigheid gevonden. Bij primaire infectie met dit virustype is Wilja daarom onvatbaar en ongevoelig voor kringerigheid. Ook in het loof en de knollen van de eerste nateelt werd geen virus gevonden. In knollen van de eerste nateelt werd ook geen kringerigheid waargenomen. Dit was wel het geval bij knollen van de eerste nateelt van nakomelingen van moederplanten die niet waren geïnfecteerd (controleplanten), wat er op duidt dat de symptomen waarschijnlijk niet door TRV zijn veroorzaakt. Er lijkt dan ook geen sprake te zijn geweest van virusoverdracht via het pootgoed.

5.7 Resultaten niet-geïnfekteerde (“controle”) planten

Virus in het loof van niet-geïnfekteerde planten

Bij *P. teres* is er bij de nateelt van niet-primair geïnfekteerde moederplanten (controleplanten) bij de meeste rassen virus in het loof aangetoond. De virusconcentratie in het loof was weliswaar niet hoog, maar meestal wel boven de grenswaarde van 10 virusdeeltjes per µliter plantensap. Aangezien er geen PCR is uitgevoerd bij de knollen van de niet-geïnfekteerde moederplanten, is niet zeker of dat deze planten c.q. knollen volkomen virusvrij waren. Overigens bleek uit de PCR metingen aan de knollen van de nateelt van de controleplanten, dat deze wel virusvrij waren. Bij *T. primitivus* is in het loof van de nateelt geen virus gevonden, bij *P. pachydermus* zijn hieraan geen bepalingen gedaan.

Kringerigheid in knollen van niet-geïnfekteerde planten

Met *P. teres* als vector is bij de eerste nateelt van niet-geïnfekteerde moederplanten (de controleplanten) bij de knollen die voor PCR waren bestemd bij de rassen Roxy, Santana en Santé in zeer beperkte mate kringerigheid gevonden. Het ging hier echter maar om kleine monsters van vier knollen per ras en een lichte vorm van aantasting. Het is daarom zeer de vraag of TRV wel de oorzaak van de symptomen was.

Daardoor kan ook bij de nakomelingen van de geïnfekteerde planten de aantasting te hoog beoordeeld zijn, zodat de kringerigheidcijfers daar waarschijnlijk in werkelijkheid wat lager hadden moeten zijn. Dit heeft echter alleen praktische gevolgen voor het ras Santana, omdat bij Roxy en Santé de vatbaarheid al zeer laag beoordeeld was. In geval van Santana is daarom voor de beoordeling van de gevoeligheid vooral afgegaan op de kringerigheidsgegevens van de knollen van de nateelt (waardoor Santana in dit geval als matig gevoelig voor kringerigheid is beoordeeld).

Bij *T. primitivus* is in de eerste nateelt van niet-geïnfekteerde moederplanten bij knollen die niet voor PCR waren bestemd bij Santana, Santé, Saturna en Wilja kringerigheid in de knollen aangetroffen (bij het vatbare en gevoelige ras Santana zelfs in zeer aanzienlijke mate). Ook in dit geval kunnen de symptomen een andere oorzaak hebben dan TRV, maar het feit dat vooral Santana zwaar is aangetast suggereert dat ook in dit geval de controleplanten niet volkomen vrij van TRV zijn geweest. Controle op aanwezigheid van TRV in de knollen van moederplanten en nateelt was dan ook zeer zinvol geweest.

5.8 Vatbaarheid en gevoeligheid per vectoraaltje

In tabel 67 (en bijbehorende legenda) wordt de vatbaarheid voor TRV en de gevoeligheid voor kringerigheid samengevat voor de zes rassen en de drie aaltjes die als primaire vector zijn opgetreden. Bij de vatbaarheid is daarbij gekeken naar het percentage knollen waarin (via PCR) virus kon worden aangetoond (percentage knollen met een concentratie van minstens 10 virusdeeltjes per µliter plantensap) en naar de virusconcentratie in deze knollen. De aanwezigheid van virus in het loof is daar niet bij betrokken want het blijkt dat er vaak geen goed verband is tussen de aanwezigheid van virus in het loof en in de knol. Zo zijn er vrij veel situaties (zie tabel 66) dat er virus in het loof werd aangetoond, maar er vervolgens niet of nauwelijks virus in de knollen werd gevonden.

Als er geen virus kon worden aangetoond, maar wel kringerigheid optrad is aangenomen dat er (zeer) weinig virus aanwezig was maar dat dit bij de monsternamen voor PCR is gemist. In dat geval wordt aangenomen dat het ras weinig vatbaar was voor het desbetreffende TRV-type.

De gevoeligheid is bepaald door de mate van symptoomvorming (kringerigheid) in de knollen van moederplanten en van de knollen van de eerste en de tweede nateelt.

Tabel 67. **Vatbaarheid voor tabaksratelvirus (TRV) en gevoeligheid voor kringerigheid**

ras	<i>P. pachydermus</i>	<i>P. teres</i>	<i>T. primitivus</i>
Bintje	•	•	•
Roxy	•	•	-
Santana	•••	••	•
Santé	•	••	•
Saturna	•	•	-
Wilja	•••	-	-

legenda vatbaarheid TRV	
-	niet of zeer gering
•	weinig
••	matig
•••	sterk

legenda gevoeligheid voor kringerigheid	
	niet of zeer gering
	weinig
	matig
	sterk

In tabel 68 wordt de mate van overdraagbaarheid van het tabaksratelvirus via het pootgoed samengevat. Daarvoor is vooral gekeken naar de hoeveelheid virus die in de knollen kon worden aangetoond. Als er geen virus kon worden aangetoond, maar wel duidelijk kringerigheid in de knollen van de eerste en/of de tweede nateelt is gevonden, dan is aangenomen dat er toch wat virus is overgedragen. Er wordt dan gesproken over geringe overdraagbaarheid.

Tabel 68. **Overdraagbaarheid tabaksratelvirus (TRV) via de knol**

ras	<i>P. pachydermus</i>	<i>P. teres</i>	<i>T. primitivus</i>
Bintje	+	+	-
Roxy	+	+	-
Santana	+++	++	+
Santé	+	+	+
Saturna	+	+	-
Wilja	++	-	-

legenda overdraagbaarheid TRV	
-	niet of nauwelijks
+	gering
++	matig
+++	sterk

Binnen een ras kunnen aanzienlijke verschillen in vatbaarheid voor TRV bestaan afhankelijk van het aaltje dat de primaire infectie heeft veroorzaakt. Vooral bij Santana en Wilja is dat het geval. Beide rassen zijn heel vatbaar voor het virustype van *P. pachydermus*, maar Santana is weinig vatbaar voor het virustype dat door *T. primitivus* wordt overgebracht en Wilja is er onvatbaar voor. De meeste rassen zijn weinig vatbaar of onvatbaar voor het type dat wordt overgebracht door *T. primitivus*.

Er treedt bij TRV secundaire infectie op via het pootgoed, want bij elk van de drie virustypen worden rassen in meer of minder mate secundair besmet. Secundaire infectie blijkt echter in de meeste gevallen te leiden tot een lagere besmetting met virus dan primaire infectie, zowel wat betreft het percentage besmette knollen ("incidentie") als de mate van besmetting c.q. de gemiddelde virusconcentratie per µliter plantensap ("severity"). Dit gold echter niet voor het ras Santana bij de vector *P. pachydermus*, waar de gemiddelde virusaantasting in de knollen van de nateelt net zo hoog was als in de knollen van de moederplanten.

Bij Santana is de overdraagbaarheid via het pootgoed het hoogst van alle rassen. Bij dit ras wordt het virus ook door alle drie de onderzochte aaltjes overgedragen. Dit laatste geldt ook voor het ras Santé. Bij Bintje, Roxy en Saturna wordt het virustype van *P. pachydermus* en *P. teres* in geringe mate via het pootgoed overgedragen, maar dit geldt niet voor het virustype van *T. primitivus*. Bij Wilja vindt een sterke virusoverdracht via het pootgoed plaats als het gaat om het virustype van *P. pachydermus*, maar er is geen virusoverdracht via het pootgoed bij de virustypen van de beide andere onderzochte aaltjes.

De verschillen in gevoeligheid voor kringerigheid binnen één ras tussen knollen van moederplanten en nateeltplanten waren meestal (zeer) gering. De mate waarin kringerigheid tot uiting komt is mede afhankelijk van het groeiseizoen en de (manier van) bewaring van de knollen en waarschijnlijk ook de lengte van de bewaarperiode. Bovendien is kringerigheid bij de PCR-knollen van de moederplanten en eerste nateelt op een andere wijze en bij een ander instituut (PRI) vastgesteld, dan bij de overige knollen van de eerste en tweede nateelt (PPO), waardoor een deel van de eventuele verschillen veroorzaakt kan zijn door verschil in waarnemingsmethode of waarnemer. Gezien het voorgaande zijn de verschillen in gevoeligheid tussen knollen van moederplanten en die van de eerste en tweede nateelt als verwaarloosbaar beschouwd en deze verschillen komen daardoor die niet tot uiting in tabel 67.

In een aantal gevallen was het loof van de eerste nateelt (in geringe mate) met virus besmet, maar werd er vervolgens in de nieuw gevormde knollen van deze nateelt geen of maar zeer weinig virus gevonden. Bij *P. pachydermus* als vector is dat het meest duidelijk bij Santé. Omgekeerd werd bij Bintje en Wilja in het loof van de eerste nateelt nauwelijks of geen virus gevonden, terwijl in de knollen van diezelfde nateelt soms behoorlijk (Bintje) tot zeer veel (Wilja) virus gevonden werd.

Bij *P. teres* werd méér virus in het loof gemeten dan bij de beide andere aaltjes, maar bij dit virustype leidde dat bij de meeste rassen niet tot hogere besmetting van de nieuwe knollen. De mate waarin nieuw gevormde knollen met virus worden besmet lijkt dan ook niet zozeer verband te houden met de mate van besmetting van het loof van de nateelt, maar meer met de mate van besmetting van de knollen één generatie eerder (knollen van de moederplanten).

De mate waarin stengelbont in het gewas werd waargenomen, bleek geen verband te hebben met de vatbaarheid voor TRV van het desbetreffende ras. Het meest opvallend was dit bij het zeer vatbare ras Santana in combinatie met de primaire vector *P. pachydermus*, waarbij vrijwel alle knollen van de nateelt met virus besmet bleken te zijn. In het gewas van die nateelt is echter geen stengelbont waargenomen, maar was (volgens PCR bepalingen) in het loof van de nateelt wel vrijwel overal virus aanwezig. In het gewas van de tweede nateelt werd vervolgens ook geen stengelbont waargenomen.

Bij *P. teres* werd in de eerste nateelt geen stengelbont waargenomen (ook niet bij de vatbare rassen Santana en Santé). In de tweede nateelt werd vervolgens weer wel stengelbont waargenomen, maar niet alleen bij nakomelingen van primair geïnfecteerde planten, maar ook bij nakomelingen van niet-geïnfecteerde controleplanten (soms zelfs in sterkere mate). Bij *T. primitivus* is eveneens stengelbont aangetroffen, maar ook bij deze vector was er bij de tweede nateelt van niet-primair geïnfecteerde moederplanten stengelbont waarneembaar. Het is daarom de vraag of stengelbontwaarnemingen wel altijd aan TRV zijn te refereren.

5.9 Beoordeling rassenlijstcijfers kringerigheid

Het onderzoek is uitgevoerd met zes rassen die gezien de resultaten van rassenonderzoek en ervaringen in de praktijk, uiteenlopen in vatbaarheid voor (resistentie tegen) kringerigheid: Bintje (7.5), Roxy (7.5), Santana (5), Santé (5.5), Saturna (7) en Wilja (7). Tussen haakjes staat het resistentiecijfer tegen kringerigheid, waarbij een hoger cijfer staat voor een hogere resistentie, dus een lagere vatbaarheid (Anonymus, 2003).

Bintje (7.5)

Gezien het rassenlijstcijfer wordt Bintje beschouwd weinig vatbaar voor kringerigheid. Het ras was in dit onderzoek inderdaad weinig vatbaar voor TRV van de drie vectorsoorten en weinig tot niet gevoelig voor kringerigheid, zodat dit resistentiecijfer juist lijkt te zijn.

Roxy (7.5)

Roxy wordt beschouwd als een ras dat weinig vatbaar is voor kringerigheid. Roxy was in dit onderzoek weinig tot niet gevoelig te zijn voor kringerigheid, maar wat betreft vatbaarheid voor TRV zijn er wel duidelijk verschillen al naar gelang het aaltje dat als primaire vector is opgetreden. Roxy is weinig vatbaar als *P. pachydermus* of *P. teres* als virusvector optreedt, zodat het rassenlijstcijfer dan correct is.

Met *T. primitivus* als vector is het cijfer wat te laag, aangezien het ras dan vrijwel onvatbaar voor TRV en ongevoelig voor kringerigheid is.

Santana (5)

Santana heeft in de Rassenlijst van 2004 een 5 voor resistentie tegen kringerigheid (in eerder versies van de rassenlijst werd een 4.5 vermeld) en wordt daarmee beschouwd als vatbaar tot zeer vatbaar voor kringerigheid. Gezien de resultaten met de TRV-typen die door *P. pachydermus* en *P. teres* worden overgebracht is Santana vatbaar tot zeer vatbaar voor TRV en ook heel gevoelig voor kringerigheid. Het rassenlijstcijfer zou bij *P. pachydermus* en *P. teres*, is dan ook correct. Met *T. primitivus* als primaire vector is Santana weinig vatbaar voor TRV (maar wel gevoelig voor kringerigheid), zodat het rassenlijstcijfer bij dit aaltje wat hoger mag zijn.

Santé (5.5)

Santé wordt gezien het rassenlijstcijfer beschouwd als matig vatbaar voor kringerigheid. Dit cijfer is wat *P. pachydermus* en *T. primitivus* betreft wat te laag, want bij deze beide primaire vectoren is Santé weinig vatbaar (maar in geval van *P. pachydermus* wel behoorlijk gevoelig voor kringerigheid). Bij *P. teres* als primaire vector lijkt het resistentiecijfer juist te zijn.

Saturna (7)

Saturna wordt gezien het rassenlijstcijfer beschouwd als weinig vatbaar. Met *P. pachydermus* en *P. teres* als primaire vectoren is dit rassenlijstcijfer juist. Omdat Saturna bij *T. primitivus* als primaire vector (vrijwel) onvatbaar is, kan het rassenlijstcijfer bij deze vector omhoog.

Wilja (7)

Wilja wordt als Saturna als weinig vatbaar beschouwd. Als *P. pachydermus* als vector optreedt is dat echter onjuist, want het ras is weliswaar heel weinig gevoelig, maar zeer vatbaar voor TRV. Wilja kan voor dit virustype zelfs als een 'gevaarlijk' ras worden beschouwd aangezien het kan fungeren als een (bijna) 'symptoomloze drager'. Het resistentiecijfer van Wilja zou in geval van *P. pachydermus* als vector niet hoger moeten zijn dan dat van Santana. Bij virusoverdracht door *P. teres* of door *T. primitivus* is Wilja (vrijwel) onvatbaar en bij deze aaltjes zou het rassenlijstcijfer zelfs wat omhoog kunnen.

Resistentie van aardappelrassen tegen kringerigheid (beter zou zijn: resistentie tegen tabaksratelvirus en gevoeligheid voor kringerigheid) wordt vooral vastgesteld via onderzoek met *P. pachydermus* als vector. Het verdient aanbeveling om de vatbaarheid en gevoeligheid van rassen voor TRV niet alleen bij *P. pachydermus*, maar consequent ook bij *P. teres* en *T. primitivus* als primaire vector te onderzoeken. Dit is vooral van belang in pootgoedgebieden met (lichte) zavelgronden waar *P. teres* en *T. primitivus* kunnen voorkomen en *P. pachydermus* niet of nauwelijks een rol speelt. Het onderzoek zou ook na moeten gaan of een (nieuw) aardappelras vatbaar, maar weinig of niet gevoelig is voor TRV en zou dus antwoord moeten geven op de vraag of een ras als 'symptoomloze' drager van TRV kan fungeren. Indien om financiële of om andere reden rassenonderzoek met slechts één vectoraaltje haalbaar is, dan is het huidige rassenonderzoek met alleen *P. pachydermus* als vector het minst slechte alternatief, omdat voor de meeste rassen (met uitzondering van Santé) geldt dat de vatbaarheid voor TRV bij de andere vectoren niet hoger is dan die bij *P. pachydermus* ("worst case" scenario).

5.10 Aanbevelingen

Gezien de resultaten van het hier beschreven onderzoek kunnen voor (vervolg) onderzoek aan tabaksratelvirus de volgende aanbevelingen worden gedaan:

- aangezien het PMTV (potato mop-top virus) ook symptomen kan veroorzaken die sterk lijken op kringerigheid, dient bij virusbepalingen via PCR nagegaan te worden of naast TRV ook PMTV aanwezig is. Met de nieuwste PCR- technieken is dat goed mogelijk en kan er tegelijkertijd onderzocht worden of TRV en PMTV in een monster aanwezig zijn.
- het niet-geïnficeerde uitgangsmateriaal moet via PCR consequent (moederplanten, nateelten) getoetst worden op aanwezigheid van virus, om zekerheid te krijgen dat het controlemateriaal werkelijk virusvrij is en blijft.
- Waarnemingen op stengelbont in het gewas kunnen achterwege blijven of een zeer globaal karakter hebben, want er blijkt geen (goed) verband te zijn tussen het optreden van stengelbont en de aan- of afwezigheid van TRV in het loof of in de (nieuw) gevormde knollen.
- Als er wordt gewerkt met meerdere rassen is het zinvol om de rassenset beperkt te houden. Bijvoorbeeld: één onvatbaar en niet gevoelig ras, één zeer vatbaar en zeer gevoelig ras en één vatbaar, weinig gevoelig ras. Hierdoor ontstaat meer (financiële) ruimte voor waarnemingen op kringerigheid en voor PCR-metingen (onder andere bij nakomelingen van controleplanten).
- Om de gevolgen voor de opbrengst in beeld te brengen dienen er bij de (ná)teelten in het veld, zowel voor de geïnficeerde als voor de niet-geïnficeerde partijen, veldjes van voldoende omvang te zijn om een statistisch betrouwbare uitspraak te doen over eventueel optredende opbrengstderiving als gevolg van TRV.
- In het rassenonderzoek moet zo mogelijk de vatbaarheid en gevoeligheid voor TRV niet alleen via *P. pachydermus*, maar ook via *P. teres* en *T. primitivus* te worden vastgesteld.

6 Literatuur

- Anonymus 2003, 79e Rassenlijst Landbouwgewassen 2004.
- Brown, D. J. F., Ploeg, A. T., Robinson, D. J., 1989. The association between serotypes of tobaviruses and *Trichodorus* and *Paratrichodorus* species. EPPO Bulletin, 19, 611 – 617.
- Brommer, E., 2005. Telers kunnen met groenbemesters sturen op Aaltjes. Veldpost, 20 augustus, p. 12.
- Cooper, J. I., Harrison, B. D., 1973. The role of weed hosts and the distribution and activity of vector nematodes in the ecology of tobacco rattle virus. Annals of Applied Biology 73, 53-66.
- Crosslin, J. M., Thomas, P. E., Brown, C. R., 1999. Distribution of tobacco rattle virus in tubers of resistant and susceptible potatoes and systemic movement of virus into daughter plants. American Journal of Potato Research, 76, 191-197.
- Dale, M. F. B., Robinson, D. J., Griffiths, D. W., Drummond, T., Bain, H., 2000. Effects of tuber-borne M-type strain of tobacco rattle virus on yield and quality attributes of potato tubers of the cultivar Wilja. European Journal of Plant Pathology, 106, 275 – 282.
- Dale, M. F. B., Robinson, D. J., Todd, D., 2004. Effects of systemic infections with Tobacco rattle virus on agronomic and quality traits of a range of potato cultivars. Plant Pathology, 53, 788 – 793.
- Hartsema, O., 1999. Bemonstering van *Paratrichodorus teres*; een sprong in het diepe? PAV Bulletin Akkerbouw, oktober 1999, p. 12 – 15.
- Hartsema, O., G. W. Korthals, L. P. G. Molendijk, 2001. Het vrijlevende wortelaaltje, *Paratrichodorus teres*. Brochure Praktijkonderzoek Plant en Omgeving.
- Hartsema, O., Zoon, F. C., 2005, Tabaksratelvirus in aardappel ongezien gevaarlijk? PAV Bulletin Akkerbouw, 4^e jaargang, p. 2 – 5.
- Huis in 't Veld, E., 1989. Het ratelviruscomplex. Verslag van een literatuuronderzoek voor de vakgroep Nematologie van de Landbouwuniversiteit Wageningen, in samenwerking met het Laboratorium voor Bloembollenonderzoek te Lisse.
- Karanastasi, E. and D. J. F. Brown, 2004. Interspecific variation in the site of *Tobravirus* particle retention in selected virus-vector *Paratrichodorus* and *Trichodorus* species (Nematoda: Dityphtherophorina). Nematology, vol 6(2), p. 261-272.
- Karanastasi, E., Wyss, U., Brown D. J. F., 2003. An *in vitro* examination of the feeding behaviour of *Paratrichodorus anemones* (Nematoda: Trichodoridae), with comments on the ability of the nematode to acquire and transmit *Tobravirus* particles. Nematology, 53, 421-434.
- Martin, J., 1998. Use of PCR as a tool for diagnosis of tobacco rattle tobavirus in seed potatoes. EPPO Bulletin, 28, 177 – 182.
- Molendijk, L. P. G., 1995, Aaltjesmanagement in de akkerbouw. Brochure van het Praktijkonderzoek voor de Akkerbouw en de Vollegrondsgroenteteelt (PAV) Lelystad.
- Mølgaard, J. P., S. L. Nielsen, 1996. Influence of post harvest temperature treatments, storage period and harvest date on development of spraing caused by tobacco rattle virus and potato mop-top virus. Potato Research 39, 571 – 579.

- Ploeg, A.T., Asjes, C.J. Brown, D.J.F. 1991. Tobacco rattle virus serotypes and associated nematode species of Trichodoridae in the bulb-growing areas in the Netherlands. Neth.J. Pl. Pathol. 97,311-319
- Ploeg, A. T., Brown, D, J. F., Robinson, D. J., 1992. The association between species of *Trichodorus* and *Paratrichodorus* vector nematodes and serotypes of tobacco rattle tobavirus. Annals of applied Biology, 121, 619 – 630.
- Ploeg, A. T., Zoon, F. C., Maas P. W. Th., 1996. Transmission efficiency of five tobavirus strains by *Paratrichodorus teres*. European Journal of Plant Pathology 102, 123-126.
- Rydén, K. M. Sandgren, S. Hurtado, 1994. Development during storage of spraing symptoms in potato tubers infected with tobacco rattle virus. Potato Research 37, 99 – 102.
- Visser, P.B. 2000. Role of RNA2-encoded proteins in the nematode transmission of tobacco rattle virus. PhD thesis, University of Leiden NL, 119 pp.
- Wilk van der, F., Korsman, M., Zoon, F., 1994. Detection of tobacco rattle virus in nematodes by reverse transcription and polymerase chain reaction. European Journal of Plant Pathology, 100, 109 – 122.
- Xenophontos, S., Robinson, D. J., Dale, M. F. B., Brown, D. J. F., 1998. Evidence for persistent, symptomless infection of some potato cultivars with tobacco rattle virus. Potato Research, 41, 255 – 265.

7 Bijlagen

7.1 Proefschema 1^e nateelt *P. pachydermus*

Nateelt TRV besmette aardappelrassen

Onderzoeker: O. Hartsema
Vervanger: L.P.G. Molendijk

144

Toestel:
91332

Registratienr: AGV3299
Projectnr.: 1233334
Oogstjaar: 2001
Locatie: Lelystad
Perceel: C4

Algemene gegevens:

Gewas : aardappel
Voorvrucht : ?
Ras : divers
Rijenafstand : 75 cm
Afstand in de rij : 35 cm.
Zaai-/Plantmoment : gangbaar consumptie aardappelen
Zaai-/Plantmethode : handmatig
Zaazaadhoeveelheid :
Zaaidiepte :
Bemesting : N : gangbaar consumptie aardappelen
P :
K :
Onkruidbestrijding : gangbaar consumptie aardappelen
Groeiregulatie : geen
Plaagbestrijding : gangbaar consumptie aardappelen
Ziektebestrijding : gangbaar consumptie aardappelen
Oogst : Handmatig
Aantal parallellen : n.v.t.
Aantal objecten : 12
Veldjesgrootte : bruto :
netto :
Aantal planten/veldje : afhankelijk van hoeveelheid knolletjes
Oogst wel/niet vernietigen : Niet vernietigen
Bijzondere wensen : *Zie draaiboek.*

Factoren met Niveaus

Factor code	Factor omschrijving	Niveau code	Niveau Omschrijving / instelling
Niet van toepassing			

Schema van het proefveld (*zelf aanbrengen*):

Overzicht van de te planten aardappels , weergegeven per rug.
(ras + zaknummer en besmettingsniveau).

De eerste 9 meter wordt gebruikt om de besmette knollen te poten en de laatste 3 meter om de controle poten.

Bintje besmet 1, 2, 3	Bintje controle
Bintje besmet 4, 5	61, 62
Bintje besmet 6, 10	
Bintje besmet 7	
Roxy besmet 14, 16	Roxy controle
Roxy besmet 17, 18, 19	64
Santana besmet 21, 22, 23, 24	Santana controle
Santana besmet 25, 26, 27	65,66
Santana besmet 28, 29, 30	
Santé besmet 31, 32, 33, 34	Santé controle
Santé besmet 35, 36, 37	67, 68
Santé besmet 38, 39	
Saturna besmet 41, 42, 43	Saturna controle
Saturna besmet 44, 45, 46	69,70
Saturna besmet 47, 48, 49, 50	
Wilja besmet 51, 52, 53, 54	Wilja controle
Wilja besmet 55, 56, 57	71,72
Wilja besmet 58, 59, 60	

Rugrichting 

9 meter	3 meter
---------	---------

7.2 Proefschema 2^e nateelt *P. pachydermus*

Tweede nateelt TRV besmette aardappelrassen (*P. pachydermus*)

Registratienr: AGV 4112

Projectnr.: 1233334

Oogstjaar: 2002

Locatie: Lelystad

Perceel: A 8

Onderzoeker: O. Hartsema
Vervanger: W. van Gastel-Topper

144

Toestel:
91332

Algemene gegevens:

Gewas : aardappel
Voorvrucht : ?
Ras : divers
Rijenafstand : 75 cm
Afstand in de rij : 30 cm.
Zaai-/Plantmoment : gangbaar consumptie aardappelen
Zaai-/Plantmethode : handmatig
Zaai-zaadhoeveelheid :
Zaaidiepte :
Bemesting : N : gangbaar consumptie aardappelen
P :
K :
Onkruidbestrijding : gangbaar consumptie aardappelen
Groeiregulatie : geen
Plaaibestrijding : gangbaar consumptie aardappelen
Ziektebestrijding : gangbaar consumptie aardappelen
Oogst : handmatig
Aantal parallellen : n.v.t.
Aantal objecten : 12
Veldjesgrootte : bruto :
netto :
Aantal planten/veldje : afhankelijk van hoeveelheid knolletjes
Oogst wel/niet vernietigen : Niet vernietigen
Bijzondere wensen : *Zie draaiboek.*

Factoren met Niveaus

Factor code	Factor omschrijving	Niveau code	Niveau Omschrijving / instelling
-------------	---------------------	-------------	----------------------------------

Niet van toepassing

Schema van het proefveld (*zelf aanbrengen*):



Overzicht van de te planten aardappels , weergegeven per rug.
(ras + zaknummer en besmettingsniveau).

De eerste 9 meter wordt gebruikt om de besmette knollen te poten en de laatste 3 meter om de controle poten.

Bintje besmet 1, 2, 3,4	Bintje controle61
Bintje besmet 5, 6, 7	62
Bintje besmet 8, 9, 10	
Roxy besmet 11, 12, 13, 14	
Roxy besmet 15, 16, 17	Roxy controle 64
Roxy besmet 18, 19, 20	
Santana besmet 21, 22, 23, 24	Santana controle
Santana besmet 25, 27	65,66
Santana besmet 28, 29, 30	
Santé besmet 31, 32, 33, 34	Santé controle67
Santé besmet 35, 36, 37	68
Santé besmet 38, 39, 40	
Saturna besmet 41, 42, 43	Saturna controle
Saturna besmet 44, 45, 46	69,70
Saturna besmet 47, 48, 49, 50	
Wilja besmet 51, 52, 53, 54	Wilja controle,71
Wilja besmet 55, 56, 57	72
Wilja besmet 58, 59, 60	

Rugrichting 

9 meter

3 meter

7.3 Proefschema 1^e nateelt *P. teres*

Eerste nateelt TRV besmette aardappelrassen (*P. teres*)

Registratienr: AGV 4112
Projectnr.: 1233334
Oogstjaar: 2002
Locatie: Lelystad
Perceel: A 8

Onderzoeker: O. Hartsema
Vervanger: W. van Gastel-Topper

144

Toestel:
91332

Algemene gegevens:

Gewas : aardappel
Voorvrucht : ?
Ras : divers
Rijenafstand : 75 cm
Afstand in de rij : 30 cm.
Zaai-/Plantmoment : gangbaar consumptie aardappelen
Zaai-/Plantmethode : handmatig
Zaaizaadhoeveelheid :
Zaaidiepte :
Bemesting : N : gangbaar consumptie aardappelen
P :
K :
Onkruidbestrijding : gangbaar consumptie aardappelen
Groeiregulatie : geen
Plagbestrijding : gangbaar consumptie aardappelen
Ziektebestrijding : gangbaar consumptie aardappelen
Oogst : handmatig
Aantal parallellen : n.v.t.
Aantal objecten : 12
Veldjesgrootte : bruto :
netto :
Aantal planten/veldje : afhankelijk van hoeveelheid knolletjes
Oogst wel/niet vernietigen : Niet vernietigen
Bijzondere wensen : *Zie draaiboek.*

Factoren met Niveaus

Factor code	Factor omschrijving	Niveau code	Niveau Omschrijving / instelling
-------------	---------------------	-------------	----------------------------------

Niet van toepassing


Schema van het proefveld (*zelf aanbrengen*):



Overzicht van de te planten aardappels , weergegeven per rug.
(ras + zaknummer en besmettingsniveau).

De eerste 9 meter wordt gebruikt om de besmette knollen te poten en de laatste 3 meter om de controle poten.

Bintje besmet 1, 2, 3, 4	Bintje controle 101
Bintje besmet 5, 6, 7, 8	102
Bintje besmet 9, 10, 11, 12, 13	
Roxy besmet 16, 17, 18, 19	Roxy controle 103
Roxy besmet 20, 21, 22, 23	104
Roxy besmet 24, 25, 26, 27, 28	
Santana besmet 31, 32, 33, 34	Santana controle 105
Santana besmet 35, 36, 37, 38	106
Santana besmet 39, 40, 41, 42, 43	
Santé besmet 46, 47, 48, 49	Santé controle 107
Santé besmet 50, 51, 52, 53	108
Santé besmet 54, 55, 56, 57, 58	
Saturna besmet 61, 62, 63, 64	Saturna controle 109
Saturna besmet 65, 66, 67, 68	110
Saturna besmet 69, 70, 71, 72, 73	
Wilja besmet 76, 77, 78, 79	Wilja controle 111
Wilja besmet 80, 81, 82, 83	112
Wilja besmet 84, 85, 86, 87, 88	

Rugrichting 

| 9 meter

| 3 meter |

7.4 Proefschema 2^e nateelt *P. teres*

Tweede nateelt TRV besmette aardappelrassen (*P. teres*)

Registratienr.: AGV 4260
Projectnr.: 1233334
Oogstjaar: 2003
Locatie: Lelystad
Perceel: A 12

Onderzoeker: O. Hartsema
Vervanger: W. van Gastel-Topper

144

Toestel:
91332

Algemene gegevens:

Gewas : aardappel
Voorvrucht : ?
Ras : divers
Rijenafstand : 75 cm
Afstand in de rij : 30 cm.
Zaai-/Plantmoment : gangbaar consumptie aardappelen
Zaai-/Plantmethode : handmatig
Zaaizaadhoeveelheid :
Zaaidiepte :
Bemesting : N : schraal pootgoed aardappelen
P :
K :
Onkruidbestrijding : gangbaar aardappelen
Groeiregulatie : geen
Plaagbestrijding : gangbaar aardappelen
Ziektebestrijding : gangbaar aardappelen
Oogst : handmatig
Aantal parallellen : n.v.t.
Aantal objecten : 12
Veldjesgrootte : bruto :
netto :
Aantal planten/veldje : afhankelijk van hoeveelheid knolletjes
Oogst wel/niet vernietigen : Niet vernietigen
Bijzondere wensen : *Zie draaiboek.*

Factoren met Niveaus

Factor code	Factor Omschrijving	Niveau code	Niveau Omschrijving / instelling
-------------	---------------------	-------------	----------------------------------

Niet van toepassing

Schema van het proefveld (*zelf aanbrengen*):

Overzicht van de te planten aardappels, weergegeven per rug.
(ras + zaknummer en besmettingsniveau).

De eerste 9 meter wordt gebruikt om de besmette knollen te poten en de laatste 3 meter om de controle poten.

		richting (rug)aanleg			
101-102	virusvrij Bintje	4, 3, 2, 1	Bintje		
		8, 7, 6, 5	Bintje		
		13, 12, 11, 10, 9	Bintje		
103-104	virusvrij Roxy	16 - 28	Roxy		
			Roxy		
			Roxy		
105-106	virusvrij Santana	31 - 43	Santana		
			Santana		
			Santana		
107-108	virusvrij Sante	46 - 58	Sante		
			Sante		
			Sante		
109-110	virusvrij Saturna	61 - 73	Saturna		
			Saturna		
			Saturna		
111-112	virusvrij Wilja	76 - 88	Wilja		
			Wilja		
			Wilja		



7.5 Proefschema 1^e nateelt *T. primitivus*

Eerste nateelt aardappelrassen met TRV (T.primitivus)

Registratienr: AGV 4238
Projectnr.: 12.33.3.34
Oogstjaar: 2003
Locatie: Lelystad
Perceel: A 12

Onderzoeker: O. Hartsema
Vervanger: L.P.G. Molendijk

144

Toestel:
91332

Algemene gegevens:

Gewas : aardappel
Voorvrucht : geen
Ras : divers
Rijenafstand : 75 cm.
Afstand in de rij : 35 cm.
Zaai-/Plantmoment : gangbaar consumptie aardappelen
Zaai-/Plantmethode : handmatig
Zaaizaadhoeveelheid :
Zaaidiepte :
Bemesting : N : schraal pootgoed aardappelen
P :
K :
Onkruidbestrijding : gangbaar consumptie aardappelen
Groeiregulatie : geen
Plaaibestrijding : gangbaar aardappelen
Ziektebestrijding : gangbaar aardappelen
Oogst : handmatig
Aantal parallellen : n.v.t.
Aantal objecten :
Veldjesgrootte : bruto : n.v.t.
netto :
Aantal planten/veldje : Afhankelijk van hoeveelheid knolletjes.
Oogst wel/niet vernietigen : niet vernietigen
Bijzondere wensen : *Zie draaiboek.*

Factoren met Niveaus

Factor code	Factor omschrijving	Niveau code	Niveau Omschrijving / instelling
R	aardappelras		6
B	Besmettingsniveau		wel / niet

		richting (rug)aanleg	
101-102	virusvrij Bintje	4, 3, 2, 1	Bintje
		8, 7, 6, 5	Bintje
		12, 11, 10, 9	Bintje
103-104	virusvrij Roxy	16 - 27	Roxy Roxy Roxy
105-106	virusvrij Santana	31 - 42	Santana Santana Santana
107-108	virusvrij Sante	46 - 57	Sante Sante Sante
109-110	virusvrij Saturna	61 - 72	Saturna Saturna Saturna
111-112	virusvrij Wilja	76 - 87	Wilja Wilja Wilja



7.6 Proefschemata 2^e nateelt *T. primitivus*

Tweede nateelt aardappelrassen met TRV (*T. primitivus*)

Registratienr: AGV 4501
Projectnr.: 12.33.3.34
Oogstjaar: 2004
Locatie: Lelystad
Perceel: C 1

Onderzoeker: L.P.G. Molendijk
Vervanger: W.van Gastel-Topper

Toestel:
91644

Algemene gegevens:

Gewas : aardappel
Voorvrucht : geen
Ras : divers
Rijenafstand : 75 cm.
Afstand in de rij : 35 cm.
Zaai-/Plantmoment : gangbaar consumptie aardappelen
Zaai-/Plantmethode : handmatig
Zaaizaadhoeveelheid :
Zaaidiepte :
Bemesting : N : schraal pootgoed aardappelen
P :
K :
Onkruidbestrijding : gangbaar consumptie aardappelen
Groeiregulatie : geen
Plaaibestrijding : gangbaar aardappelen
Ziektebestrijding : gangbaar aardappelen
Oogst : handmatig
Aantal parallellen : n.v.t.
Aantal objecten :
Veldjesgrootte : bruto : n.v.t.
netto :
Aantal planten/veldje : Afhankelijk van hoeveelheid knolletjes.
Oogst wel/niet vernietigen : niet vernietigen
Bijzondere wensen : *Zie draaiboek.*

Factoren met Niveaus

Factor code	Factor omschrijving	Niveau code	Niveau Omschrijving / instelling
R	aardappelras	6	
B	besmettingsniveau	wel / niet	

		richting (rug)aanleg	
101-102	virusvrij Bintje	4, 3, 2, 1	Bintje
		8, 7, 6, 5	Bintje
		12, 11, 10, 9	Bintje
103-104	virusvrij Roxy	16 - 27	Roxy Roxy Roxy
105-106	virusvrij Santana	31 - 42	Santana Santana Santana
107-108	virusvrij Sante	46 - 57	Sante Sante Sante
109-110	virusvrij Saturna	61 - 72	Saturna Saturna Saturna
111-112	virusvrij Wilja	76 - 87	Wilja Wilja Wilja

