

Virustransport in aardappelen



Virustransport in aardappelen

Opdrachtgever: Productschap Akkerbouw

Auteur: Wouter Otter

Rapportnummer: 147

Projectnummer: 425

Datum: december 2013

SPNA

Locatie Kollumerwaard

Hooge Zuidwal 1
9853 TJ Munnekezijl

Locatie Ebelsheerd

Hoofdweg 26
9687 PL Nieuw Beerta

Telefoon +31(0)594-688615

Fax +31(0)594-688460

Internet www.spna.nl

E-mail info@spna.nl

BTW nr. NL.003073890.B.01

KvK 41009862

Rabobank 31.60.20.850

IBAN NL79RABO316020850

BIC RABONL2U

Inhoudsopgave

Samenvatting.....	4
Inleiding.....	5
1 Virusaantasting in de aardappelplant.....	6
1.1 Virusoverdracht.....	6
1.1.1 Contact	6
1.1.2 Nematoden	7
1.1.3 Schimmels	7
1.1.4 Bladluizen.....	7
1.2 Virusziekten	8
1.2.1 Bladrolvirus	8
1.2.2 Y-virus	9
1.2.3 Tabaksratelvirus	9
2 Virustransport.....	10
2.1 Overname van de cel.....	10
2.2 Verspreiding door de plant.....	10
2.3 Ouderdomsresistentie	11
2.4 Verschijnen van symptomen	12
Conclusie.....	14
Literatuur	15

Samenvatting

In de pootaardappelteelt vormen virussen een belangrijke plaag. Door declassering of afkeuring levert het pootgoed de pootgoedteler aanzienlijk minder op. De belangrijkste virussen in de aardappelteelt zijn het bladrolvirus en het Y-virus.

De meeste virussen worden overgebracht door bladluizen, maar ook overdracht door contact, nematoden en schimmels is mogelijk. Het virus komt in de sapstroom terecht en verspreidt zich vervolgens door de plant. Het is echter onduidelijk hoeveel tijd er verstrijkt tussen het moment van infectie en het detecteerbaar zijn van het virus in de knollen en welke factoren van invloed zijn op een virusinfectie.

Het blijkt dat een virus, eenmaal in een bladcel, zich vermenigvuldigt door gebruik te maken van de celorganellen. Vervolgens kan het virus zich verspreiden naar omliggende cellen. Dit eerste proces, van infectie tot nieuwe virusdeeltjes, duurt ongeveer 10 uur. Na enkele uren tot een dag kunnen de eerste (lokale) symptomen ontstaan op de aanprikplekken op het blad. Over het algemeen zijn dit kleine necrotische of chlorotische vlekjes.

Wanneer een virus na ongeveer 2 tot 5 dagen het floëem bereikt komt het transport in een stroomversnelling. In het floëem kan een virus, onder optimale omstandigheden, een snelheid bereiken van enkele centimeters per uur.

Bij jonge planten, die nog niet met knolzetting zijn begonnen, vindt het transport plaats in zowel opwaartse als neerwaartse richting. Bij oudere planten vindt het transport in eerste instantie hoofdzakelijk in neerwaartse richting plaats, waar het de knollen kan infecteren om vervolgens met de sapstroom mee naar boven getransporteerd te worden.

Het blijkt dat jonge planten een sneller transport van virus laten zien dan oudere planten. Dit wordt veroorzaakt door het fenomeen ouderdomsresistentie. Ouderdomsresistentie heeft te maken met een verandering in de eiwitsynthese van de aardappelplant naarmate deze ouder wordt.

Ook zijn er rasverschillen in de transportsnelheid van virus. Of deze verschillen ook 1 op 1 te vergelijken zijn met de resistentie cijfers uit de rassenlijsten is niet duidelijk.

Verder zijn de temperatuur en de lichtintensiteit ook van invloed op het virustransport. De optimale temperatuur voor virustransport ligt rond de 22°C. Bij hogere temperaturen, rond 30°C, neemt de activiteit van veel virussen af. Bij lage temperaturen is er een verminderde sapstroom en zodoende een lager transport van virussen. Wat betreft lichtintensiteit zorgt een hoge lichtintensiteit voor relatief minder loofgroei en bevordert de knolaanleg en zodoende een hoger neerwaarts transport. Een lage lichtintensiteit zorgt daarmee voor relatief méér loofgroei en dus voor een hoger opwaarts transport.

Onder de meest gunstige omstandigheden kan een virus binnen een paar dagen tot een week vanuit het blad naar de knol getransporteerd zijn. Bij oudere aardappelplanten, waar ouderdomsresistentie een rol speelt, kan het enkele weken duren voordat het virus de knol bereikt. Maar knolinfectie kan zelfs ook achterwege blijven.

In het algemeen kan gezegd worden, dat de leeftijd van het gewas op het moment van de infectie, bepalend is voor de gezondheidstoestand van de nateelt ervan.

Inleiding

Virussen vormen een belangrijke plaag in de pootaardappelteelt. Een aardappelgewas dat aangetast is, vertoont vaak afwijkingen vergeleken met een gezond gewas. Voorbeelden hiervan kunnen zijn: bladrol en bont- en mozaïekverkleuring.

Gedurende het groeiseizoen, maar ook daarna worden door de NAK veldkeuringen gedaan. Een te groot aantal afwijkende planten als gevolg van virusaantasting kan leiden tot declassering of afkeuring van het pootgoed. Dit heeft grote financiële consequenties voor de pootaardappelteler. Het pootgoed levert de pootgoedteler in geval van declassering of afkeuring aanmerkelijk minder op.

Het virus komt door bijvoorbeeld een bladluis in de sapstroom van de aardappelplant terecht. Onduidelijk is echter hoeveel tijd er verstrijkt tussen het moment van infecteren en het moment waarop het virus daadwerkelijk in de nieuwe aardappelknollen detecteerbaar is. Deze informatie is van belang voor de pootaardappelteler om tijdig de juiste teeltmaatregelen te kunnen nemen.

Daarom zal in dit rapport helder worden hoe snel een virus zich verplaatst in een aardappelplant en welke factoren een rol spelen bij de snelheid van het virustransport. Om één en ander duidelijk in beeld te krijgen zullen ook een aantal basisprincipes van een virusaantasting behandeld worden.

I Virusaantasting in de aardappelplant

In dit hoofdstuk zal wat korte achtergrondinformatie gegeven worden over de aantasting van virussen in aardappelplanten. Hierbij komen virusziekten, virusoverdracht en verschijningsvormen aan bod.

I.1 Virusoverdracht

Een virus is een ziekteverwekker die zo klein is, dat deze alleen met een elektronenmicroscop te zien is. Een virus bestaat uit een streng DNA of RNA welke omhult is door een eiwitmantel. Het heeft geen eigen stofwisseling maar kan wel de stofwisseling van aardappelen beïnvloeden. Het gevolg is dat aardappelen minder goed groeien en de opbrengst achter blijft. Virussen zijn bovendien besmettelijk. Dat wil zeggen dat ze van zieke op gezonde planten kunnen worden overgebracht. Een plantenvirus kan echter niet uit zichzelf planten infecteren. Ze hebben een vector nodig om door de celwand te komen. Tevens moet de eiwitmantel van het virus “matchen” met de antigenen op de cel om ziekteverwekkend te zijn. Virussen kunnen op verschillende manieren worden verspreid. Dit kan door contact met bijvoorbeeld geïnfecteerde planten of niet goed schoongemaakte machines, door nematoden, schimmels of door bladluizen. (Kennisakker; Agrios).

I.1.1 Contact

Door contact tussen zieke en gezonde planten(delen), bijvoorbeeld bladeren en (soms) wortels (X-virus) kunnen virusziekten overgedragen worden. Maar ook door het overbrengen van plantensap van zieke naar gezonde planten of knollen bij beschadiging door werktuigen, wild, of bij selectie (Fig. 1) en verzorging kan infectie optreden. Bij sommige virussen (bijv. X-virus) is contactoverdracht de enige vorm van verspreiding. Dit is ook het geval bij S-virus, maar bij dit virus is ook verspreiding door bladluizen mogelijk. Verder speelt contactoverbrenging ook een rol het bij het Y-, A-, M- en Aucubavirus. (Agrios; Glas, 1997; Schepers en Bus, 1980).



Fig. 1: Zorgvuldig selecteren vermindert het risico op primaire virusbesmettingen (bron: boerenbussiness)



Fig. 2: *Trichodorus primitivus* (bron: Kennisakker)

1.1.2 Nematoden

Het tabaksratelvirus, dat op de lichte gronden voor kan komen, kan overgebracht worden door vrijlevende aaltjes van de geslachten *Trichodorus* en *Paratrichodorus*. In Noord- en Zuidwest-Nederland komt o.a. de *Trichodorus primitivus* (Fig. 2) voor die dit virus kan overbrengen. Virusoverbrengende aaltjes raken besmet met een virus door planten met het virus aan te prikken. Virusdeeltjes blijven achter op de monddelen van het aaltje en daarmee infecteren ze de volgende plant via de wortels waarop ze zich voeden. Sommige virussen kunnen maanden in een aaltje aanwezig blijven. Het virus verdwijnt echter wanneer een aaltje tijdens de groei overgaat van het ene stadium in het volgende. (Agrios; Glas, 1997; Schepers en Bus, 1980).

1.1.3 Schimmels

Overdracht door schimmels speelt bij het tabaksnecrosevirus en het zwabbertopvirus een rol. Het tabaksnecrosevirus wordt verspreid door zoosporen van de grondschimmel *Olpidium brassicae*. Deze schimmel komt in alle grondsoorten op veel percelen voor. Zowel de activiteit van de schimmel als het gedrag van het virus in de planten zijn afhankelijk van diverse milieuomstandigheden. Hierdoor zijn veel factoren van invloed op het ontstaan van de ziekte. De kans op besmetting van de wortels neemt toe naarmate de temperatuur hoger en de grond vochtiger is. Vooral bij een bodemtemperatuur hoger dan 9°C stijgen de infectiekansen, maar lagere waarden sluiten een infectie niet uit. Ook de vochtigheid is van belang. Dit blijkt o.a. uit het feit dat de ziekte geregeld ontstaat op lagere (vochtigere) plekken binnen een perceel.

Het zwabbertopvirus wordt overgedragen door de schimmel *Spongospora subterranea*. Dit is dezelfde schimmel die poederschurft veroorzaakt bij aardappelen. Dit virus komt echter zeer sporadisch voor. (Agrios; Glas, 1997; Schepers en Bus, 1980).

1.1.4 Bladluizen

Verreweg de belangrijkste overdrachtsvorm van virussen zijn bladluizen. Veel aardappelvirussen kunnen door bladluizen worden overgedragen. Bladluizen prikken planten aan op zoek naar de zoete sapstroom in de zeefvaten. Vooral de groeipunten van de plant, zoals de toppen van jonge stengels met groeiend blad en bloemknoppen, worden aangeprikt. De sapstroom bevat daar veel voedingsstoffen die nodig zijn voor de groei van de plant. Bij het aanprikken van planten kunnen met virusziekte besmette luizen het virus overbrengen naar een andere plant. Vooral de vliegende generaties kunnen massaal virusziekten verspreiden.

Afhankelijk van de wijze van virusoverdracht hebben we het over persistente en niet-persistente virussen.

Persistente virussen worden door bladluizen met het plantsap uit de zeefvaten van de plant opgenomen. Vervolgens komt het virus in het spijsverteringskanaal en vandaar in het lichaamsvocht van de luis. Deze circulatie in het lichaam duurt in de regel meer dan 24 uur. Daarna kan het virus worden afgegeven. Het virus vermeerdert zich in het lichaam van de bladluis. Als een bladluis eenmaal met een virus besmet is kan het vrijwel zijn gehele verdere leven planten besmetten. De nakomelingen van een besmette bladluis zijn echter niet besmet. Van de door bladluizen verspreide aardappelvirussen is alleen het bladrolvirus persistent. Praktisch alleen de groene perzikluis is voor de verspreiding van dit virus verantwoordelijk.

Niet-persistente virussen worden door bladluizen bij oppervlakkige (proef)prikken uit de buitenste cellagen van het blad opgenomen en aan de stiletten (mond delen) van de luis meegedragen. Een niet-

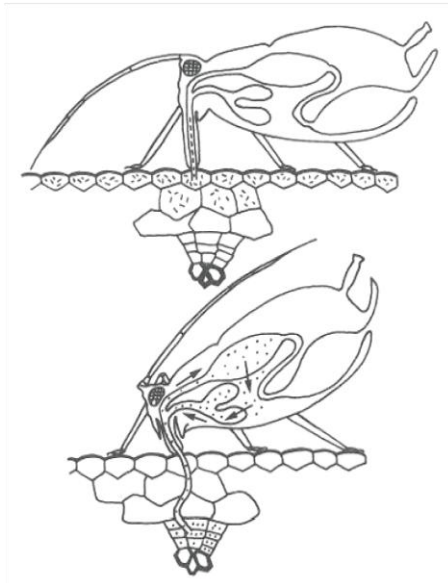


Fig. 3: Boven: niet-persistente virusoverdracht
Onder: persistente virusoverdracht
(bron: IPO; naar Dixon, 1973)

persistent virus circuleert niet in het lichaam en kan direct op andere planten worden overgebracht. Na één of enkele prikken is al het virus afgegeven en kan de bladluis andere planten niet meer besmetten, mits de luis tussentijds niet opnieuw wordt besmet. Doordat het kortstondige (proef)prikken betreft kunnen bladluizen (vooral gevleugelde soorten) in korte tijd veel planten besmetten. Niet-persistente virussen zijn het Y-, A- en M-virus. In tegenstelling tot het bladrolvirus kunnen deze virussen door vele soorten luizen overgebracht worden. Weliswaar is de groene perzikluis een van de meest effectieve, maar ook de zwarte bonenluis, de erwtenluis, de vogelkers-grasluis en vele andere soorten kunnen de aardappelplanten besmetten. (Agrios; Glas, 1997; Schepers en Bus, 1980).

1.2 Virusziekten

De belangrijkste in Nederland in aardappelen voorkomende virussen zijn het bladrolvirus en het Y-virus (Yn, Yo, Yc). Minder belangrijke virussen zijn het A-, X- en S-virus en het tabaksratelvirus. Soms komen het tabaksnecrosevirus, aucubamozaïekvirus, M-virus en zwabbertopvirus voor.

Oude gewassen zijn minder vatbaar voor virusinfecties dan jonge gewassen. Dit verschijnsel wordt ouderdomsresistentie genoemd. De meeste aardappelvirussen veroorzaken het zogenaamde mozaïek of bont. Deze komen voort uit primaire of secundaire besmettingen. Primair wil zeggen dat het gewas gedurende het groeiseizoen geïnfecteerd is geraakt. Een secundaire infectie komt voort uit besmet pootgoed. De belangrijkste virusziekten worden nader omschreven.

1.2.1 Bladrolvirus

Het bladrolvirus is de veroorzaker van bladrol (fig. 4), ook wel krulziekte genoemd. Het is een algemeen voorkomende virusziekte en dankt haar naam aan het rollen van de blaadjes. Andere symptomen van deze ziekte zijn een steile bladstand, een lichte kop en het achterblijven in groei.

Het bladrolvirus zit in de zeefvaten van de aardappelplant en veroorzaakt daar verstoppingen. Hierdoor wordt de afvoer van assimilaten van de bladeren naar andere plantendelen belemmerd. Stoffen in de zeefvaten hopen zich op, vooral in de onderste bladeren, waardoor deze wat hard kunnen aanvoelen. Het virus is persistent en wordt in het veld alleen door bladluizen overgebracht. Hoofdzakelijk door de groene perzikluis (Kennisakker; PCA; Glas, 1997).



Fig. 4: Bladrol (bron: PCA)



Fig. 5: Y-virus (bron: PCA)

1.2.2 Y-virus

Van de verschillende virusziekten in aardappelen geeft het Y-virus de meeste problemen omdat het gemakkelijk verspreid wordt en grote opbrengstdervingen kan veroorzaken. Het virus kent verschillende stamgroepen die wijd verspreid voorkomen. Van oudsher zijn er drie stammen bekend: het oude Y-virus (Yo), het stippelstreepvirus (Yc) en het nieuwe Y-virus (Yn). Twee recentere stammen zijn Yntn en YnWilga. Elke stam heeft min of meer zijn eigen aantastingskenmerken op de aardappelplant. De meest voorkomende symptomen van Y-virus zijn bont en kringel, maar ook necrose, bladvergelting, golvende bladranden, diepnervigheid en palmpjesvorming kunnen optreden. Het virus is niet-persistent en wordt overgedragen door verschillende soorten luizen. De belangrijkste is de groene perzikluiz, maar ook de vuilboomluiz, de aardappeltopluiz, de bruine violeluiz en enkele graanluizen zijn in staat om het Y-virus te verspreiden. (Kennisakker; PCA; Glas, 1997).

1.2.3 Tabaksratelvirus

Het tabaksratelvirus is een bodemvirus dat wordt overgebracht door de vrijlevende wortelaaltjes *Trichodorus spp.* en *Paratrichodorus spp.* Van het virus zijn meerdere stammen bekend, maar slechts bepaalde stammen zijn voor de aardappelteelt van belang. Het virus kan symptomen in het loof (stengelbont) veroorzaken en in de knol (kringerigheid). Meestal vertonen slechts weinig stengels van een plant ziekteverschijnselen. De stengels en bladeren blijven vrijwel altijd achter in groei. De blaadjes vertonen meestal een duidelijke bontheid. Bij knollen met kringrigheid is het meest voorkomende symptoom het optreden van bruingekleurde kringen, gebogen lijntjes of vlekjes in het vruchtvlees. Deze bruinverkleuring is afgestorven weefsel (Kennisakker; PCA; Glas, 1997).



Fig. 6: Stengelbont (bron: PPO)



Fig. 7: Kringrigheid (bron: PPO)

2 Virustransport

Wanneer een virus eenmaal de aardappelplant is binnengedrongen en zich in een cel bevindt, gaan er allerlei processen van start die ervoor zorgen dat het virus zich verder kan verspreiden en voortplanten binnen de plant. Deze processen (celovername, verspreiding, symptoomverschijning) worden in dit hoofdstuk nader toegelicht.

2.1 Overname van de cel

Eenmaal in de cel van de aardappelplant komt er een enzym vrij, waarna het virus zogenaamd zijn “jas” uit trekt. De eiwitmantel gaat open en het nucleïnezuur (DNA of (meestal) RNA) komt vrij. Dit proces heet endocytose. Vervolgens wordt het DNA van de gastheercel afgebroken en het DNA of RNA van het virus afgelezen. Zo kan het virus zijn eigen onderdelen maken met behulp van de celorganellen van de gastheercel. Als alle onderdelen gemaakt zijn worden de nieuwe virussen in elkaar gezet. In de meeste gevallen gaat de gastheercel te gronde en verspreiden de nieuwe virussen zich naar omliggende cellen, zodat er nog meer virussen gemaakt kunnen worden. Dit proces, van infectie tot nieuwe virusdeeltjes, duurt ongeveer 10 uur (Agrios).

2.2 Verspreiding door de plant

Zodra het virus een cel volledig geïnfecteerd heeft, verspreidt het zich naar omliggende cellen en vermenigvuldigt zich daar verder. In principe doet een virus dit bij alle cellen die het infecteert. In bladcellen beweegt een virus zich ongeveer 1 millimeter, of 8 tot 10 cellen per dag (Agrios).

In alle economisch belangrijke virusinfecties bereiken virussen uiteindelijk het floëem (bastvaten), om van daaruit snel verder getransporteerd te worden over grote afstanden in de plant. De meeste plantenvirussen doen er 2 tot 5 dagen (of langer) over om zich vanuit de bladcellen naar het floëem te bewegen. Deze snelheid is afhankelijk van de plaats waar het virus het blad is binnengedrongen. Er zijn echter ook onderzoeken (Beemster, 1958) waar zelfs na 3 weken nog geen virusdeeltjes (X-virus) in het floëem konden worden aangetoond. In het algemeen geldt, hoe dichterbij het floëem, des te eerder het virus deze bereikt. De transportsnelheid van virusdeeltjes in het floëem varieert van enkele tiende centimeters tot enkele centimeters per uur (Beemster, 1958). Wisselende fysiologische en/of milieuomstandigheden zijn hier waarschijnlijk de oorzaak van. Het moge duidelijk zijn dat persistente virussen over het algemeen een plant sneller volledig besmetten dan niet-persistente virussen.

Ook gaat het transport van virusdeeltjes in jonge planten sneller dan in oude(re) planten (Beemster, 1958). Dit heeft te maken met veranderende fysiologische processen naarmate de aardappelplant ouder wordt. Het blijkt dat het virus, eenmaal in het floëem, zich bij planten die nog niet met knolzetting zijn begonnen, zowel met de sapstroom naar boven als naar beneden beweegt. Zodra planten eenmaal met de knolzetting zijn begonnen, gaat het virus in eerste instantie voor het grootste deel met de sapstroom mee naar beneden, waar het de knollen kan infecteren, om van daaruit verder naar boven getransporteerd te worden. Ook wanneer een aardappelplant zijn uiteindelijke grootte bereikt heeft en de lengtegroei dus stopt, stopt het omhooggaande transport ook voor een groot deel en daarmee ook het virustransport. Transport vindt dan hoofdzakelijk plaats in benedenwaartse richting.

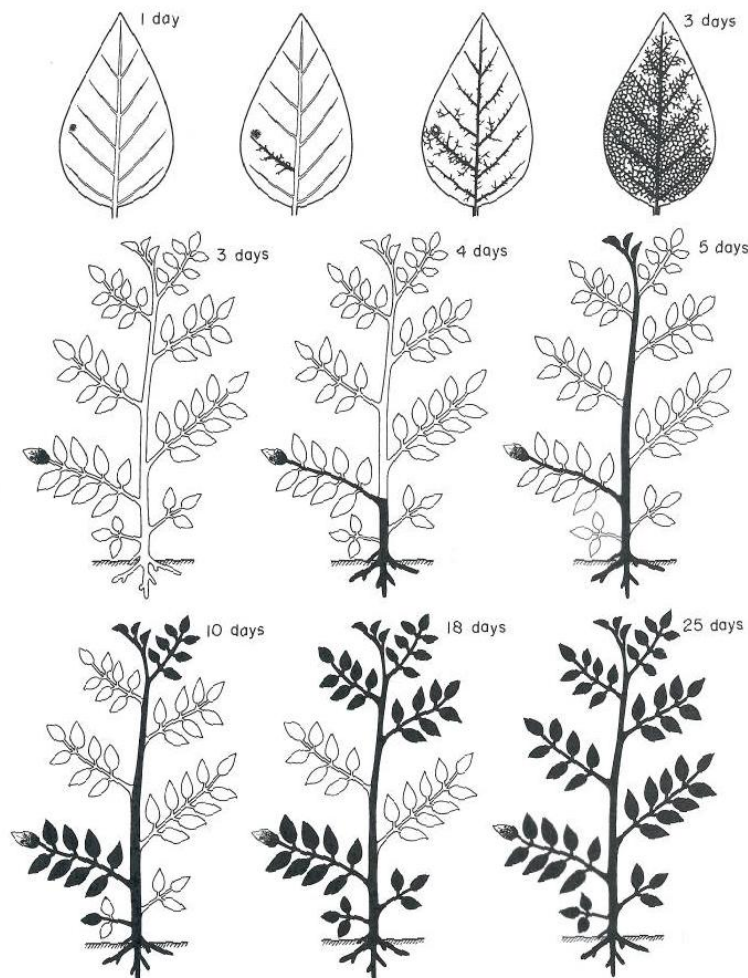


Fig. 8: Schematische weergave van de verspreiding van een virus in een plant (bron: Samuel, G, 1934)

Wat betreft de infectie van knollen is er aangetoond dat in principe niet alle knollen van een geïnfecteerde plant virusdeeltjes hoeven te bevatten (Beemster, 1958). Bij een jonge besmetting kwam het voor dat slechts een enkele knol, of zelfs alleen enkele ogen, geïnfecteerd was/waren. Naar gelang de tijd verstreek bleken er meer knollen besmet te zijn. In het onderzoek kwam het echter nooit voor dat alle knollen van een geïnfecteerde plant besmet waren. In theorie zouden, bij een voortdurende besmetting, uiteindelijk wel alle knollen besmet kunnen raken. Het blijkt tevens dat uit een besmette knol, waarvan niet alle ogen besmet zijn, er zieke en gezonde stengels kunnen groeien. Naar verloop van tijd, afhankelijk van de mate van transport en andere fysiologische en milieuomstandigheden, kunnen de gezonde stengels alsnog ziek worden.

Ook zijn er rasverschillen in de mate van virusaantasting. Het blijkt dat sommige rassen een hogere mate van virustransport laten zien dan andere rassen. Met als gevolg dat van sommige rassen een groter percentage van de plant aangetast wordt. Of de cijfers van virusgevoeligheid van rassen, zoals deze staan weergegeven in de rassenlijsten, 1 op 1 te vertalen zijn met de transportsnelheid van virussen in de plant, is onduidelijk. Het kan zo zijn dat een bepaalde bladstructuur van een ras zodanig is, dat een bladluis deze lastig kan aanpakken, maar dat de transportsnelheid van het virus in dit ras wel heel hoog is. Andersom zou ook mogelijk kunnen zijn.

2.3 Ouderdomsresistentie

Een ander belangrijk aspect bij de mate van virusaantasting en -transport is ouderdomsresistentie. In hoofdstuk 1 is al kort aangegeven dat ouderdomsresistentie het gegeven is dat oudere planten minder vatbaar zijn voor virusinfecties dan jongere planten. In dit kader is 'minder vatbaar' wellicht niet de juiste omschrijving. Uit proeven blijkt dat ouderdomsresistentie te maken heeft met een verminderd transport van virusdeeltjes door de plant (Grümmer, 1955). Dit wordt veroorzaakt door

een verandering in de eiwitsynthese (opbouw en afbraak van eiwitten). Uit onderzoek van Grümmer bleek, dat in de bladeren van aardappelplanten op het tijdstip waarop de knolvorming een aanvang neemt, de eiwitafbraak de opbouw ervan gaat overheersen. Omdat de synthese van virus als een vorm van eiwitsynthese kan worden gezien, ligt het voor de hand om aan te nemen dat, als de eiwitopbouw wordt overheerst door de afbraak, ook de virussynthese minder zal zijn. Daarbij komt dat een verminderde virussynthese altijd een verminderde besmetting van de knollen tot gevolg heeft. Ouderdomsresistentie kan dus in samenhang met de eiwitstofwisseling van de bladeren worden gezien.

2.4 Verschijnen van symptomen

Nadat een virus een plant heeft geïnfecteerd, duurt het over het algemeen enkele dagen, maar soms zelfs ook enkele weken, voordat de eerste ziektesymptomen te zien zijn. Er kan onderscheid gemaakt worden tussen lokale en systemische symptomen. Lokale (primaire) symptomen ontstaan op de plek waar het virus de plant is binnengekomen. Systemische (secundaire) symptomen ontstaan pas wanneer het virus zich door de plant verspreid heeft. De uiterlijke verschijningsvormen van deze twee soorten symptomen hoeven niet hetzelfde te zijn.

Het verschijnen van ziektesymptomen is sterk afhankelijk van de vatbaarheid van het ras, de virulentie en andere fysiologische en milieuomstandigheden, die ervoor zorgen dat virussen zich makkelijker of moeilijker vermenigvuldigen in de aardappelplant. Het blijkt dat met name de temperatuur van invloed is op de infectie van aardappelplanten en zodoende op het verschijnen van symptomen. Bij gematigde temperaturen, rond 22°C, waarbij planten een normale tot goede groei (en dus transport van assimilaten) vertonen, gedijen virussen het best. Optimale temperaturen wisselen per virus. Er zijn echter ook extremen: Bij temperaturen van 30°C of hoger neemt de activiteit van een plantenvirus af. Bij knollen, die geïnfecteerd waren met het bladrolvirus en 25 dagen werden blootgesteld aan een temperatuur van 37,5°C, bleek het virus inactief geworden (Kassanis, 1950). De knollen produceerden gezonde planten. Bij het X-, en Y-virus bleek er wel verminderde activiteit te zijn, maar het virus werd niet inactief. Andere onderzoeken tonen aan (o.a. Smith, 1957; Folsom & Bonde, 1937) dat het Y-virus inactief wordt bij een temperatuur van 52-65°C. Hiermee vergaat echter ook de kiemkracht van de knol. Andersom, bij te lage temperaturen, vermindert de sapstroom in de aardappelplant, waardoor er ook minder virustransport is.

Ook de lichtintensiteit gedurende het groeiseizoen is indirect van belang. Een hoge lichtintensiteit zorgt voor relatief minder loofgroei en bevordert de knolaanleg (Kennissakker). Hierdoor vindt (virus)transport hoofdzakelijk plaats in benedenwaartse richting. Een lage lichtintensiteit zorgt voor relatief meer loofgroei en zodoende meer opwaarts transport. Bennett (1937, 1941) toonde aan dat virustransport sneller geschiedde naar verduisterde plantendelen, dan naar niet verduisterde plantendelen. Of dit gegeven gezien kan worden als een dag/nacht-ritme is niet duidelijk. Zo ja, dan zou virustransport 's nachts sneller plaatsvinden dan overdag. Een mogelijke verklaring hiervoor zou kunnen zijn, dat er 's nachts enkel nog ademhaling (dissimilatie) plaatsvindt en geen fotosynthese (assimilatie), waardoor er weinig tot geen neerwaarts transport plaatsvindt, maar hoofdzakelijk vanuit de knollen en andere glucoseopslagpunten.



Fig. 8: Primaire symptomen Yntn-virus (bron: PCA)

Bijna alle aardappelvirussen die door luizen worden overgebracht veroorzaken bij een primaire infectie necrotische (fig. 8) of chlorotische vlekken op het blad. De vlekken ontstaan altijd op de aanprikplekken. Deze vlekken ontstaan pas wanneer de concentratie aan virusdeeltjes in de betreffende bladcel(len) hoog genoeg is. Afhankelijk van de omstandigheden duurt dit enkele uren tot een dag. Een bladcel kan 100.000 tot wel 10.000.000 virusdeeltjes bevatten (Agrios). Echter, onder bepaalde omstandigheden (bv. hoge/lage temperatuur) hoeven niet altijd symptomen zichtbaar te zijn.

Conclusie

Al met al kan gesteld worden, dat er geen eenduidig antwoord gegeven kan worden op de vraag hoe snel een virus in een aardappelplant beweegt en hoeveel tijd er verstrijkt tussen infectie en detecteerbaarheid. Bepalende factoren zijn de vatbaarheid van het ras, gewasstadium, temperatuur, lichtintensiteit en de plaats van infectie op de plant. Zelfs tussen individuele planten onder dezelfde omstandigheden kunnen verschillen in virusaantasting/transport zijn.

De optimale omstandigheden voor het zich snel kunnen verspreiden van het virus in de plant zijn: een jong gewas die nog niet met de knolzetting is begonnen, een temperatuur rond 22°C, bewolkt/donker weer en zo dicht mogelijk bij, of in het floëem. Onder de meest gunstige omstandigheden kan een virus binnen een paar dagen tot een week vanuit het blad naar de knol getransporteerd zijn. De daadwerkelijke transportsnelheid is, bij dezelfde (milieu)omstandigheden, afhankelijk van het ras. Over transportsnelheid van virussen in de verschillende rassen is geen actuele informatie bekend.

Bij oudere aardappelplanten speelt de ouderdomsresistentie een rol bij een verminderd virustransport. Hier duurt het enkele weken voordat het virus de knol bereikt. Maar knolinfectie kan zelfs ook achterwege blijven. In tegenstelling tot jonge planten, bevordert zonnig weer bij oudere planten het virustransport. In het algemeen kan gezegd worden, dat de leeftijd van het gewas op het moment van de infectie, bepalend is voor de gezondheidstoestand van de nateelt ervan.

Literatuur

1. Agrios, George N. (1997). *Plant Pathology* (4e dr.): San Diego: Academic Press
2. Beemster, A.B.R. (1958). *Transport van X-virus in de aardappel bij primaire infectie* (1e dr.). Wageningen: H. Veenman & Zonen
3. Bennett, C. W. (1937). *Correlation between movement of the curly-top virus and translocation of food in tobacco and sugar-beet*. J. agr. Res. 54: 479-502
4. Bennett, C. W. (1940). *The relation of food translocation to the movement of the virus of tobacco mosaic*. J. agr. Res. 60: 361-390
5. Bus, C.B. (1996). *Teelthandleiding pootaardappelen – ziekten en plagen – virusziekten*. <http://www.kennisakker.nl/kenniscentrum/handleidingen/teelthandleiding-pootaardappelen-ziekten-en-plagen#Virusziekten>
6. Cuperus, C. & De Bokx, J.A. (2008). *Aardappelziektenboek* (herziene uitgave). http://www.pcainfo.be/portal/page?_pageid=60,290021,60_290034&_dad=portal&_schema=PORTAL
7. Dixon, A.F.G. (1973). *Biology of aphids. Studies in biology no. 44*. London: Edward Arnold (Publishers) Limited. p. 1-58
8. Folsom, D. & Bonde, R. (1937). *Some properties of potato rugose mosaic and its components*. J. agr. Res. 55: 765-783
9. Glas, H. (1997). *Virusziekten in aardappelen* (1e dr.). Ridderkerk: ZENECA Agro
10. Grümmer, G. (1955). *Die Beziehungen zwischen dem Eiweiszstoffwechsel von Kulturpflanzen und ihrer Anfalligkeit gegen parasitische Pilze*. Phytopath. Z. 24: 1-42
11. Kassanis, B. (1950). *Heat inactivation of leaf roll virus in potato tubers*. Ann. appl. Biol. 37: 339-341
12. Mulder, A & Turkensteen, L.J. (2008). *Aardappelziektenboek* (herziene uitgave). http://www.pcainfo.be/portal/page?_pageid=60,290021,60_290030&_dad=portal&_schema=PORTAL
13. Samuel, G. (1934). *Ann. Appl. Biol.* 21, 90-111
14. Schepers, A. & Bus, C.B. (1980). *Virusziekten in pootaardappelen* (1e dr.). Lelystad: PAGV
15. Smith, K. M. (1957). *A textbook of plant virus diseases*. p. 392.