

ENKELE NIEUWE GEZICHTSPUNTEN BETREFFENDE HET VIRUS
VAN HET TOMATEN-MOZAIEK

With a summary: Some new aspects regarding the tomato mosaic virus

DOOR

Ir Y. VAN KOOT

(Proeftuin Zuid-Hollands Glasdistrict, Naaldwijk)

Het onderzoek van de virusziekten van de tomaat werd in 1936 te Wageningen op het Laboratorium voor Mycologie en Aardappelonderzoek aangevangen. Ik was daar in de gelegenheid mij ten volle aan dit probleem te wijden. De resultaten van het onderzoek zijn vastgelegd in Mededeling no 10 van de Tuinbouwvoorlichtingsdienst. Bij mijn komst in Naaldwijk te midden van de Tuinbouw-practijk stormden zoveel nieuwe vraagstukken op mij af, dat het virusonderzoek enigszins op de achtergrond werd gedrongen. De interesse voor het virusprobleem was echter door Prof. QUANJER bij me gewekt en in de practijk van de tuinbouw stootte ik steeds opnieuw op verschijnselen, die door de gangbare opvattingen betreffende het tomaten-mozaiek niet verklaard konden worden. Feitelijk was dit

reeds het geval bij mijn eerste kennismaking met de tomatenteelt in Venlo, waar vele aanwijzingen te vinden waren voor het overblijven van het virus in de grond (VAN KOOT, 9). Dit leidde tot enkele proefnemingen, die wel is waar nog geen definitieve afsluiting hebben gevonden, maar waarvan de resultaten toch voldoende belangwekkend zijn om ze nu reeds mee te delen. Dit te meer, daar de laatste jaren enkele resultaten van buitenlandse onderzoekingen zijn bekend geworden, die in dezelfde richting wijzen als ons onderzoek.

VARIABILITEIT VAN DE SYMPTOMEN

Dit verschijnsel kan tot drieërlei oorzaak worden herleid:

a. Het bestaan van verschillende stammen van het virus, die gemakkelijk in elkaar kunnen overgaan („muteren”).

b. Het naast elkaar voorkomen van meerdere stammen van het virus in dezelfde plant, waarbij onder bepaalde omstandigheden (o.a. bij de overgang op andere planten) één dezer stammen een voorsprong kan krijgen op de andere.

c. Een beïnvloeding van de symptomen door de groei-omstandigheden. In dit artikel zal alleen dit laatste punt worden besproken, daar vele waarnemingen in de practijk er op wijzen dat de uitwendige omstandigheden in dit opzicht van grote betekenis kunnen zijn.

Het optreden van het zgn. naaldblad. Typerend voor dit verschijnsel is de geringe ontwikkeling van het bladmoes, waardoor de nerven draadvormig uit het blad steken (Fig. 1). In ernstige gevallen blijft alleen de middennerf over (Fig. 2). Van dit symptoom werd reeds eerder verondersteld dat het samenhangt met de groei-omstandigheden (VAN KOOT, 9). In het Westland treft men deze afwijking vrijwel uitsluitend aan bij het opkweken van de jonge planten in het voorjaar, speciaal na een periode van donker weer. Wanneer een virus-infectie gepaard gaat met een gebrek aan assimilaten tengevolge van een tekort aan licht, wordt blijkbaar het naaldbladsymptoom te voorschijn geroepen.

Een zeer duidelijke aanwijzing in deze richting werd verkregen uit een proef, waarbij de invloed van de groeiomstandigheden op de vatbaarheid van het gewas werd nagegaan. Daarbij werden jonge tomatenplanten, die onder verschillende omstandighe-



Fig. 1. Tomatenplant met naaldblad.
Tomato plant with fern-leaf.



Fig. 2
 Extreme vorm van
 naaldblad.
*Tomato plant with
 extreme form of fern-leaf.*

den waren opgekweekt, geïnoculeerd met virushoudend sap, dat afkomstig was van planten die het normale mozaiekbeeld vertoonden. De helft van de planten werd van het eerste verspenen af afgeschermd met rietmatten waardoor de belichting tot ongeveer een kwart werd teruggebracht. Vijf weken later (begin April) werd een gedeelte der planten geïnoculeerd met 100.000 maal verdund virushoudend sap. Van de goed belichte planten vertoonden na enige tijd 30 planten een normaal mozaiekbeeld en geen enkele plant naaldblad. Van de planten, die donker gestaan hadden vertoonden op dat moment 25 planten het naaldblad-beeld en slechts 15 planten een normale mozaiekvlekking. Tegelijkertijd zijn ook een aantal planten geïnoculeerd met 500.000 maal verdund sap. Van de goed belichte planten reageerden er 21 met mozaiek en slechts 1 met naaldblad, bij de slecht belichte planten was de verhouding 22 mozaiek tegenover 14 naaldblad. Een tekort aan licht blijkt dus wel in zeer sterke mate het optreden van het naaldblad te bevorderen, hetgeen waarschijnlijk sterker tot uiting komt naarmate de infectie zwaarder is geweest. Ook een hoge N : K-verhouding bevorderde bij deze proeven het optreden van naaldblad enigszins.

Volgens WENT (21) wordt het optreden van naaldblad bevorderd door een niet te hoge temperatuur. Bij een dagtemperatuur van 18 °C was het een gewoon ver-

schijnsel, doch bij een dagtemperatuur van 26,5 °C werd het niet waargenomen. Bij een hoge nachttemperatuur trad veel mozaiek op. Dit zou er dus op kunnen wijzen dat de lichtvoorziening niet de enige factor is, die het optreden van het naaldbladsymptoom bepaalt. Door de verduistering zal allicht ook de temperatuur wat lager zijn geweest. Bij onze proeven is echter tevens met verschillende temperaturen gewerkt onder overigens gelijke omstandigheden, en daarbij werd geen typische invloed op het ziektebeeld opgemerkt.

Bladverwelking. De heer D. BARENDREGT, destijds hoofdassistent bij de Tuinbouwvoorlichtingsdienst te Naaldwijk, heeft het eerst mijn aandacht gevestigd op het verwelken van de toppen van de planten als het eerste symptoom van virusziekte. De koppen van de planten gaan slap hangen op een moment, dat er nog niet de geringste mozaiektkening op het blad valt waar te nemen. Meermalen zijn in een warenhuis de planten, die in de toppen bladverwelking vertoonden, met een tonkinstok gemerkt. Enkele dagen later toonden deze het mozaiekbeeld, terwijl de naburige planten, die geen verwelking vertoond hadden, gezond waren gebleven. Deze verwelking, als eerste symptoom van virusziekte, treedt echter lang niet altijd op. Alleen wanneer aan het uitbreken van de normale symptomen enkele zonnige, warme en droge dagen vooraf gaan, openbaart zich deze verwelking. In een later stadium van de ontwikkeling van de ziekte ziet men niet meer zulke opvallende verwelkingsverschijnselen.

In dit verband zijn de resultaten van een onderzoek van SELMAN (14) belangwekkend. Hij toonde aan, dat inoculatie van tomatenblad met virus reeds na 1 tot 3 dagen een sterke toename van de verdamping ten gevolge had. Dit geldt zowel voor „spotted wilt” als voor gewoon en aucuba-mozaiek. Vooral de oudere bladeren vertoonden een sterk waterverlies.

Hij beschouwt de veranderde waterhuishouding van de plant als de eerste zichtbare reactie op het binnendringen van het viruseiwit. Wellicht hangt dit samen met de abnormale vorming van viruseiwit, waardoor het gehalte aan oplosbare koolhydraten wordt verlaagd, hetgeen een verminderde osmotische spanning ten gevolge zou kunnen hebben. BREWER, KENDRIX en GARDENER (4) vonden bij hun onderzoek inderdaad steeds een vermindering van het gehalte aan polysacchariden in mozaiekzieke tomatenplanten.

Het optreden van zgn. strip. Hieronder verstaat men in het Westland het optreden van kleine, bruine, necrotische vlekjes op de bladeren, mits dit niet gepaard gaat met de vorming van bruine strepen op de stengels en de bladstelen. In dit opzicht onderscheidt dit verschijnsel zich dus duidelijk van de strepenziekte. De vruchtstelen kunnen echter wel in sterke mate bruin verkleuren. De vruchtzetting kan hierdoor zeer sterk worden benadeeld, terwijl in ernstige gevallen de toch nog gezette vruchten kunnen worden beschadigd.

In de meest geteelde cultuurrassen komt het strip niet in belangrijke mate voor. Bij voortteling van het heterosis-ras Single Cross kan men echter zeer ernstig met dit euvel te kampen krijgen. In de abnormale zomer van 1947 werd dit verschijnsel echter in de gewone cultuurrassen eveneens in soms ernstige mate opgemerkt. Waarschijnlijk zal dit moeten worden toegeschreven aan de hevige hitteperioden, die in dat jaar zijn opgetreden. Speciaal tijdens de eerste hittegolf, waaraan het nog betrekkelijk jonge en weke gewas is blootgesteld geweest, trad het strip veelvuldig op. Dit was niet alleen in het Westland het geval. In de om-

geving van Venlo is dit verschijnsel op hetzelfde tijdstip gesignaleerd. Dit wijst dus wel in zeer sterke mate op een invloed van de weersomstandigheden. Nu zou men kunnen denken aan een eenvoudige verbranding door zonneschijn, hoge temperatuur en lage luchtvochtigheid. Inderdaad werd na het gieten van de grond en het omslaan van de weersomstandigheden opgemerkt, dat de planten in de top gezond doorgroeiden; althans openbaarden zich op de nieuw gevormde topbladeren onder die omstandigheden gewoonlijk geen strip meer. In tientallen gevallen is echter van dergelijke planten sap uitgewreven op *Datura*-planten en zonder uitzondering reageerden deze met zgn. local lesions.

Deze verbrandingsverschijnselen traden dus kennelijk alleen op bij viruszieke planten.

Waarschijnlijk moet ook hier de verklaring worden gezocht in de tengevolge van de virusaantasting verhoogde transpiratie. De ernstige beschadiging van de vruchstelen zou dan kunnen samenhangen met een krachtige assimilatenstroom naar de vruchtrossen. Deze voert het virus met zich mee (zie volgend punt).

Er bestaat natuurlijk nog de mogelijkheid, dat het strip door een aparte virusstam wordt veroorzaakt. Tengevolge van de bijzondere weersomstandigheden (b.v. de hoge temperatuur) zou dan op verschillende plaatsen gelijktijdig dezelfde mutatie moeten zijn opgetreden.

Ongelijkmatige kleuring van de vruchten. Het is algemeen bekend, dat bij aantasting door het „spotted wilt” virus of door strepenziekte de vruchten van de tomaat ernstig kunnen worden beschadigd. Daarbij treedt niet alleen verkleuring op, doch bovendien treft men ingedeukte necrotische plekken op de vruchten aan. Bij aantasting door *aucuba-mozatek* ziet men vaak een zeer grillige vlekking van de vruchten en soms tevens necrose. Het is ons echter in de loop der jaren gebleken, dat ook het gewone mozaïek een verkleuring van de vruchten te weeg kan brengen. Deze verkleuring is minder opvallend, doch ernstig genoeg om een partij tomaten te doen afkeuren voor de export (Fig. 3).

De vraag doet zich nu voor, hoe het komt dat men soms van de verkleuring van de vruchten zo weinig merkt, terwijl in andere gevallen dit praktisch het enig

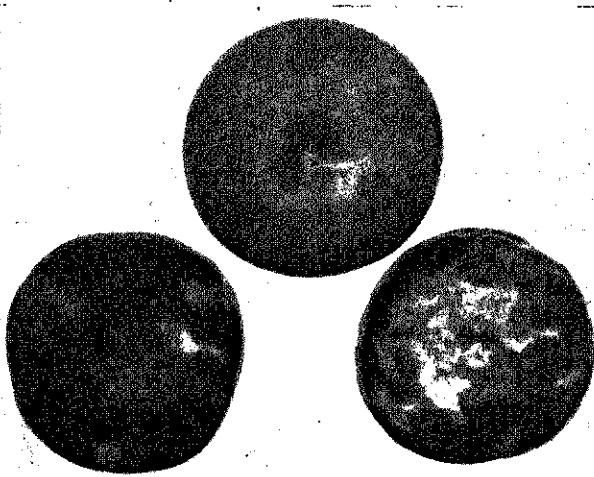


Fig. 3
Verschillende graden
van virusaantasting op
tomatenvruchten.
*Various phases of virus-
infestation on tomato
fruits.*

waarneembare ziektebeeld is. Dit werd het eerst opgemerkt bij het aucuba-mozaïek. Reeds jaren geleden werd op verschillende bedrijven bij het ras Tuckqueen een zodanige verkleuring van de vruchten opgemerkt, dat men moeilijk aan iets anders dan aan aucuba-mozaïek kon denken. Toch vertoonde het blad vaak geen enkele afwijking. Door het uitwrijven van sap van deze vruchten op Datura-planten kon zonder enige twijfel worden vastgesteld dat deze planten door virus waren aangetast. Aanvankelijk werd gedacht aan een infectie van de jonge plant, waar deze langzamerhand doorheen was gegroeid. Het virus zou dan voornamelijk in de vruchten moeten zijn achtergebleven. Latere waarnemingen duiden er echter vaak op, dat planten die tevoren nimmer mozaïek op het blad hebben vertoond, toch aangetaste vruchten kunnen hebben. Toen de aandacht éénmaal hierop was gevestigd bleek dat ditzelfde verschijnsel nog veel vaker kan worden aangetroffen bij het gewone mozaïek.

Een mooie verklaring hiervoor geeft het onderzoek van SELMAN (14). Deze toonde aan dat bij inoculatie van tomatenplanten op de lagere, althans volgroeide bladeren met een sterk verdunde virus-suspensie (zowel van gewoon als van aucuba-mozaïek), het virus vaak gelocaliseerd wordt in de onderste vruchtrossen. Het virus verplaatst zich met de assimilatenstroom mee. Bij planten, die weinig vruchten hebben gezet, gaat de assimilatenstroom meer naar de top van de planten. Ook het virus verspreidt zich dan meer naar de top van de planten, hetgeen vooral tot uiting komt in de jonge dieven. Wellicht vormt dit tevens de verklaring voor het feit dat de planten practisch niet via de wortels van uit de grond kunnen worden aangetast. Volgens SELMAN (15) komt het virus soms wel van uit de grond in de wortels doch dringt het meestal niet bovengronds door.

Serologisch onderzoek. Verschillende waarnemingen hebben dus wel aannemelijk gemaakt, dat de door het mozaïek-virus teweeggebrachte symptomen onder de invloed van uitwendige omstandigheden sterk kunnen variëren. Op deze wijze is echter niet bewezen, dat symptomen als naaldblad, strip e.d. niet door aparte virusstammen zouden worden veroorzaakt. Dit bewijs kan alleen langs serologische weg worden geleverd. Daartoe wordt nu met medewerking van het Laboratorium voor Bloembollenonderzoek te Lisse een serum bereid van de verschillende mozaïek-typen. Dit onderzoek is nog pas kort geleden aangevangen. Toch is reeds gebleken dat het gewone mozaïek geen enkel bestanddeel bevat, dat niet tevens aanwezig is in het virus, dat uit de bladeren met naaldblad werd verkregen. De eerste resultaten vormen dus een bevestiging van bovenstaande hypothese.

VATBAARHEIDSVerschillen TUSSEN DE TOMATENRASSEN

Verschillende praktijkwaarnemingen wekken de indruk, dat er verschillen in vatbaarheid of gevoeligheid tussen de tomatenrassen bestaan. Het is gewenst een duidelijk onderscheid tussen deze twee begrippen te maken. Onder gevoeligheid dient men dan te verstaan, de wijze waarop de plant reageert na een virus-infectie. Betreffende verschil in gevoeligheid kunnen twee voorbeelden worden genoemd:

1. Een algemene ervaring is dat de rassen van de Tuckwood groep en in mindere mate ook de rassen van de overgangsgroep veel vaker afwijkingen aan de vruchten vertonen dan de rassen van de Ailsa Craig groep. Dit hangt waarschijnlijk samen met het feit, dat de bladontwikkeling bij deze gewassen geringer is,

terwijl daarentegen veel grovere vruchten worden gevormd, vooral aan de onderste trossen. Speciaal bij de wat jongere plant wordt een veel groter gedeelte van de assimilaten gebruikt voor de vruchtvorming. Het ligt dus voor de hand dat het virus, dat met de assimilatenstroom mee getransporteerd wordt, bij deze rassen voor een belangrijk gedeelte in de vruchten terecht zal komen.

2. Bij kruisingen tussen het ras Vetomold en de gewone cultuurrassen treedt van de tweede bastaardgeneratie af in ernstige mate het strip-verschijnsel op. De oorzaken van deze afwijking zijn o.a. door LANGFORD (11) uitvoerig onderzocht. Aangetoond werd, dat bij een bepaalde erfelijke genen-constitutie strip optrad. De ziekte werd beschouwd als een zuiver physiologische afwijking, die zich onder bepaalde weersomstandigheden, voornamelijk bij een voortdurende intensieve zonbestraling, openbaarde. Men zou dit verschijnsel dan als een soort van zonverbranding kunnen beschouwen, waarvoor bepaalde rassen bijzonder gevoelig zijn. In hoeverre dit verschijnsel enkel door zonverbranding teweeg gebracht kan worden zal afhankelijk zijn van het klimaat en de watervoorziening.

In Naaldwijk is van een groot aantal aangetaste planten sap uitgewreven op *Datura*-planten. Ernstig aangetaste planten bleken steeds virus te bevatten. De door virusaantasting verhoogde gevoeligheid voor verdamping schijnt dus in ons klimaat voor een belangrijk deel de oorzaak te zijn van het optreden van strip. Rassen met een geringe weerstand tegen een te grote verdamping zijn daardoor bijzonder gevoelig voor virus-aantasting.

Wat betreft de eigenlijke vatbaarheid bestaan waarschijnlijk eveneens verschillen tussen de rassen. Men kan in de practijk opmerken, dat bepaalde rassen regelmatig voor een hoger percentage zijn aangetast dan andere rassen. De tuinder is spoedig geneigd dit aan besmetting van het zaad toe te schrijven. Dit kan echter niet altijd de verklaring zijn. Zo treft men in het ras Renova steeds veel virus-ziekte aan, terwijl toch door de kweker van dit ras de uiterste zorg aan de gezondheid van het gewas wordt besteed.

Uit vroeger genomen infectieproeven is echter nimmer enig verschil in vatbaarheid gebleken. Zo zijn in 1939 in Wageningen planten van alle verkrijgbare tomatenrassen geïnoculeerd met mozaïek-virus en met strepenziekte-virus. Zonder uitzondering werden alle planten ziek. Bij al deze proeven zijn de planten ingewreven met een belangrijke hoeveelheid onverdund virushoudend sap. In de practijk zal men echter veelal te maken hebben met veel lichtere infecties (sterk verdund virus in de grond of kleine hoeveelheden virus in rooktabak of op het zaad). Het is daarom van groot belang te weten te komen, hoe de verschillende rassen zich gedragen ten opzichte van inoculaties met zeer sterk verdund virus.

In 1947 en 1948 zijn enkele infectieproeven genomen met 100.000 en 500.000 maal verdund virushoudend sap. De verkregen resultaten zijn echter nog niet zeer duidelijk. In enkele gevallen was de verdunning te groot, zodat te weinig planten ziek werden. Bij een proef in 1947 met oude planten, die reeds 5 trossen hadden gevormd, bleven de planten van het ras Radio grotendeels gezond, terwijl ook Ailsa Craig en Single Cross in mindere mate werden aangetast dan de rassen van de Tuckwood-groep. Een proef in 1948 met jonge planten, die aan de vorming van de eerste tros toe waren, had echter een omgekeerd resultaat. De planten van de rassen uit de Tuckwood-groep vertoonden juist de minste aantasting. Bij de contrôle is echter uitsluitend gelet op eventuele symptomen op de bladeren. Het is echter niet uitgesloten, dat bij de laatste proef het virus bij de rassen van de Tuckwoodgroep grotendeels naar de onderste tros is getransporteerd.

Bij volgende proeven zal dan ook het verschijnen van symptomen op blad en vrucht afzonderlijk moeten worden gecontroleerd, terwijl bij afwezigheid van duidelijke symptomen sap op *Datura*-planten zal moeten worden uitgewreven. Dan pas zal een goed gefundeerd oordeel over de verschillen in vatbaarheid kunnen worden verkregen.

INVLOED VAN DE GROEI-OMSTANDIGHEDEN OP DE VATBAARHEID

Op dit gebied is reeds het één en ander uit de literatuur bekend. Het is echter jammer dat daaruit niet steeds duidelijk blijkt of de gevoeligheid dan wel de vatbaarheid wordt beïnvloed. Wanneer door een ruime kaliumvoorziening het optreden van necrose wordt verminderd (waarschijnlijk tengevolge van een verhoogde weerstand tegen verdamping), dan is er natuurlijk sprake van een verschil in gevoeligheid. Uit recente publicaties van SELMAN (18 en 19) krijgt men echter de indruk, dat ook de vatbaarheid door de bemesting enigszins kan worden beïnvloed. In dit opzicht zijn echter de klimaatsfactoren (licht, temperatuur en vochtigheid) van grotere betekenis.

Het licht is wel de belangrijkste factor. Uit recente onderzoeken van BAWDEN (1 en 2) is gebleken, dat door het verminderen van de lichtsterkte in de zomer tot een derde, de vatbaarheid van de tomaat voor gewoon- en aucubamozaïek aanzienlijk werd verhoogd. Daarbij nam het virusgehalte in de geïnfecteerde bladeren toe. Door de planten 24 uur voor de inoculatie in het donker te zetten kon de vatbaarheid reeds worden verhoogd. Volgens BAWDEN en ROBERTS (3) kunnen verschillende virusziekten bij tabak en tomaat 's winters dan ook veel gemakkelijker worden overgebracht dan 's zomers. De geringe virusproductie bij sterke lichtintensiteit wordt wel toegeschreven aan de vorming bij de assimilatie van bepaalde stoffen, die het virus enigermate zouden inactiveren. HOWLES (7) merkte op dat beschaduwing van de planten vóór de inoculatie de vatbaarheid verhoogde; beschaduwing na de inoculatie oefende daaren tegen juist een matigende werking uit op de ontwikkeling van het ziektebeeld.

Onderzoeken van WENT (21) wijzen er op, dat het optreden van mozaïek wordt bevorderd door een hoge temperatuur, speciaal gedurende de nacht. HOWLES (7) wijst er op dat door het samengaan van licht- en warmtestraling de verschillen in vatbaarheid kunnen wegvallen.

Uit een recent onderzoek van SELMAN (17) is tenslotte gebleken dat een ruime watervoorziening de vatbaarheid voor virus kan verhogen. Volgens HOWLES (7) zou dit een gevolg zijn van de grotere turgescentie. Evenals bij enkele andere publicaties is het echter niet volkomen duidelijk of door de grotere turgescentie de gevoeligheid dan wel de vatbaarheid toeneemt.

In 1948 zijn in Naaldwijk enkele proeven genomen om de invloed van licht, temperatuur en vochtigheid op de vatbaarheid en de gevoeligheid van de tomaat voor virusziekten vast te stellen. Voor het nagaan van de vatbaarheid werden de jonge planten onder verschillende omstandigheden opgekweekt en daarna geïnoculeerd met sterk verdund virus. Voor het nagaan van de gevoeligheid werden normaal opgekweekte planten geïnoculeerd met onverdund virushoudend sap en vervolgens onder verschillende omstandigheden uitgeplant. Bij laatstgenoemde proefopzet werden geen belangrijke verschillen gevonden. Bij de eerstgenoemde proefopzet zijn de resultaten natuurlijk in sterke mate afhankelijk van de gekozen virusconcentraties. Eén van deze proeven leverde zeer frappante verschillen op.

Bij deze proef werden de planten op vier verschillende wijzen opgekweekt. Er werd gewerkt met in het totaal 160 tomatenplanten. Hiervan is de helft opgekweekt in een koud warenhuis, waarbij zo min mogelijk water werd gegeven. De andere helft is opgekweekt in een licht gestookte druivenserre, waar zowel de planten als de turfmolm, waarin de potten stonden opgekuild, om de drie dagen werden nat gesproeid. In het eerste geval zijn de planten dus droog en koud, in het tweede geval warm en vochtig opgekweekt. Op beide standplaatsen werd de helft van de planten afgeschermd met rietmatten, waardoor de lichtintensiteit tot een kwart werd teruggebracht. Toen de planten in het stadium verkeerden, dat ze geschikt waren om uitgeplant te worden, werden ze geïnoculeerd met resp. 100.000 en 500.000 maal verdund virushoudend sap. De resultaten waren als volgt:

TABEL 1

Involed van de voorbehandeling van jonge tomatenplanten op de infectie met mozaïekvirus
Sapinoculaties in twee verdunningen
Influence of pre-treatment of young tomato plants on the injection of mosaic virus
Sap inoculations in two dilutions

Voorbehandeling (Pre-treatment)	1 : 100.000 Aantal planten (Number of plants)		1 : 500.000 Aantal planten (Number of plants)	
	Gezond (Healthy)	Virusziek (Mosaic)	Gezond (Healthy)	Virusziek (Mosaic)
Licht (Full light):				
koud-droog (cold-dry)	10	10	18	2
warm-vochtig (warm-moist)	0	20	0	20
Donker (low light intensity):				
koud-droog (cold-dry)	0	20	1	19
warm-vochtig (warm-moist)	0	20	0	20

Er is bij deze proef gewerkt met de rassen Single Cross en Tuckqueen. Hier-tussen kwamen echter geen belangrijke verschillen te voorschijn. Bij de verdun-ning 1 : 100.000 zijn alleen de helft van de planten, die opgekweekt zijn bij de groeifactoren-combinatie „licht, koud en droog” aan de besmetting ontsnapt. Alle andere planten werden ziek. Bij de verdunning 1 : 500.000 zijn op twee na alle planten, die „licht, koud en droog” zijn opgekweekt, gezond gebleven, terwijl bij de andere wijzen van opkweken alle planten op één na ziek zijn geworden. Hier-uit blijkt dus wel van hoe grote betekenis de opkweek-omstandigheden kunnen zijn voor het al of niet gezond blijven van de tomatenplanten.

Het is dus in de eerste plaats noodzakelijk bij het opkweken te zorgen voor een goede lichttoetreding. Daartoe zullen de planten steeds op ruime afstand dienen te worden verspeend en opgepot. Men zal de planten niet te lang in een belomerde druivenkas of op andere minder goed belichte plekken mogen laten staan. Daarnaast dient men een te hoge temperatuur, vooral des nachts, te vermijden (in de wintermaanden 's nachts niet hoger dan 12° C). Met het gieten zij men zeer matig. In de practijk kan men telkens voorbeelden aantreffen van grote verschil-len in virus-aantasting, die samenhangen met de wijze van opkweken. Zo kwam bij één der belichtingsproeven, die deze winter zijn genomen, alleen bij de onbelichte planten aantasting door virusziekte voor.

OVERGANG VAN HET VIRUS MET HET ZAAD

Hierover is reeds in een artikel in de Tuinbouw (VAN KOOT, 8) het een en ander meegedeeld. In het algemeen wordt zowel door de practijk als in wetenschappelijke publicaties een vrij grote betekenis gehecht aan de virusovergang met het zaad. Er zijn daarom in de jaren 1941 t/m 1944 een groot aantal proeven genomen, die aanvankelijk ten doel hadden na te gaan of zaadontsmetting met behulp van zachte zeep en trinatriumfosfaat mogelijk is. Het tomatenzaad bleek nl. een onderdompeling gedurende dertig minuten in dit middel zonder enige benadeling van de kiemkracht te kunnen doorstaan (gebruikt is dezelfde sterkte als voor de ontsmetting van de handen).

Er diende nu te worden vastgesteld of door een dergelijke ontsmetting de virusovergang met het zaad inderdaad kan worden vermeden. Daartoe werd zaad gewonnen van hevig mozaïekzieke planten. Dit werd te kiemen gelegd in grond, welke tevoren in een autoclaaf was gesteriliseerd. In de grond in de kiembakjes werden in twee richtingen loodrecht op elkaar groeven aangebracht. Op de kruispunten werden de zaadjes gelegd. De zaadjes bevonden zich aldus op zodanige afstand van elkaar, dat de zich er uit ontwikkelende kiemplantjes geen gelegenheid kregen elkaar aan te raken. Bij het verspenen werden de kiemplantjes niet met de hand aangeraakt, maar met behulp van een tweetal houten vorkjes losgewipt en overgebracht in potten met gesteriliseerde grond. De houten vorkjes werden voor het oppakken van elk afzonderlijk plantje telkens opnieuw ontsmet door onderdompeling in een oplossing van groene zeep en trinatriumfosfaat. De planten groeiden op in een insectenvrij viruskasje. Op deze wijze werd elke ongewenste infectie buitengesloten.

Wat het oorspronkelijke doel betreft hebben deze proeven geen overtuigend resultaat opgeleverd daar ook de contrôle-planten bijna alle steeds gezond bleven. De proef werd daarom meermalen herhaald. Inderdaad werd zeer sporadisch een viruszieke plant aangetroffen, voornamelijk in de niet ontsmette partijen. Dit betrof echter slechts ongeveer 1 tot 2 op de 1000 planten. Aanvankelijk werd gedacht, dat de geringe virusovergang met het zaad een gevolg zou kunnen zijn van de wijze van zaadwinning. Hierbij werd nl. door een gistingsproces het vruchtvlees grotendeels van het zaad verwijderd. De proef werd daarom herhaald met niet gegist zaad, dat zo uit de vruchten van mozaïekzieke planten was gehaald, afgespoeld, gedroogd en daarna onmiddellijk uitgezaaid. Het resultaat bleef echter gelijk. Tenslotte is zelfs een partij zaad opzettelijk besmet door deze gedurende een half uur onder te dompelen in onverdund virushoudend sap. Dit zaad werd vervolgens één dag gedroogd en daarna direct uitgezaaid. Ook hierdoor is het percentage zieke planten niet merkbaar verhoogd.

Het mozaïekvirus dringt blijkbaar niet door de zaadhuid naar binnen, terwijl bij gunstige opkweekomstandigheden, zoals een ruime lichtvoorziening en niet te natte grond, de kans gering is dat het jonge kiemplantje besmet wordt door het virus dat zich bevindt in het vruchtvlees aan de buitenkant van de zaadhuid. Het virus gaat dus slechts in geringe mate met het zaad over. Men moet echter wel bedenken, dat ook die éne plant op de duizend tenslotte het gehele gewas kan besmetten.

OVERBLIJVEN VAN HET VIRUS IN DE GROND

Reeds eerder werd gepubliceerd hoe het strepenziekte virus in de grond kan overblijven (VAN KOOT, 9). Tevoren was iets dergelijks enkel nog maar vastgesteld voor het gewone tabaksmozaïekvirus door JOHNSON en HOGGAN (6). Sindsdien is een overblijven in de grond bij verschillende andere viren aangetoond.

QUANJER (13) vermeldt het overblijven van het ratelvirus van de tabak in de grond, VAN DER WANT (20) vermeldt hetzelfde van het stippelstreepvirus van de boon en MCKINNEY (12) van een mozaïekvirus bij sla en bij tarwe, terwijl tenslotte ook enkele Russische onderzoekers aangeven dat verschillende virusziekten in de grond kunnen overblijven.

Bij het verdere onderzoek naar de omstandigheden, waaronder de virusziekten bij de tomaat in de grond kunnen overwinteren, is gebleken dat vooral twee punten van belang zijn.

1. De inactivering is een oxydatieproces, waarbij micro-organismen een rol schijnen te spelen. In een tevoren gesteriliseerde grond verloopt de inactivatie minder vlot. Naarmate de grond slechter geaëreerd is duurt het langer eer al het virus is geïnactiveerd. In de praktijk ziet men dan ook vaak dat in oude kasgrond met een slechte structuur de ziekte veelvuldiger optreedt. In vele gevallen kan dit slechts verklaard worden door een sterkere infectie van deze slecht geaëreerde grond uit, waarin bovendien het bacterieleven weinig actief is.

2. Het virus behoeft niet in plantenresten aanwezig te zijn om te kunnen overwinteren. Virus in uitgeperst sap doet dit even goed. In dit verband is het gewenst de uiterste zorg aan de hygiëne te besteden en geen plantenresten zoals rotte vruchten e.d. op de grond te laten slingeren, zelfs niet tijdelijk. De afgeplukte dieven dient men onmiddellijk in een mand te deponeren. Laat men ze eerst enige tijd op de grond liggen, dan worden ze vertrapt en dringt het virushoudende sap in de grond.

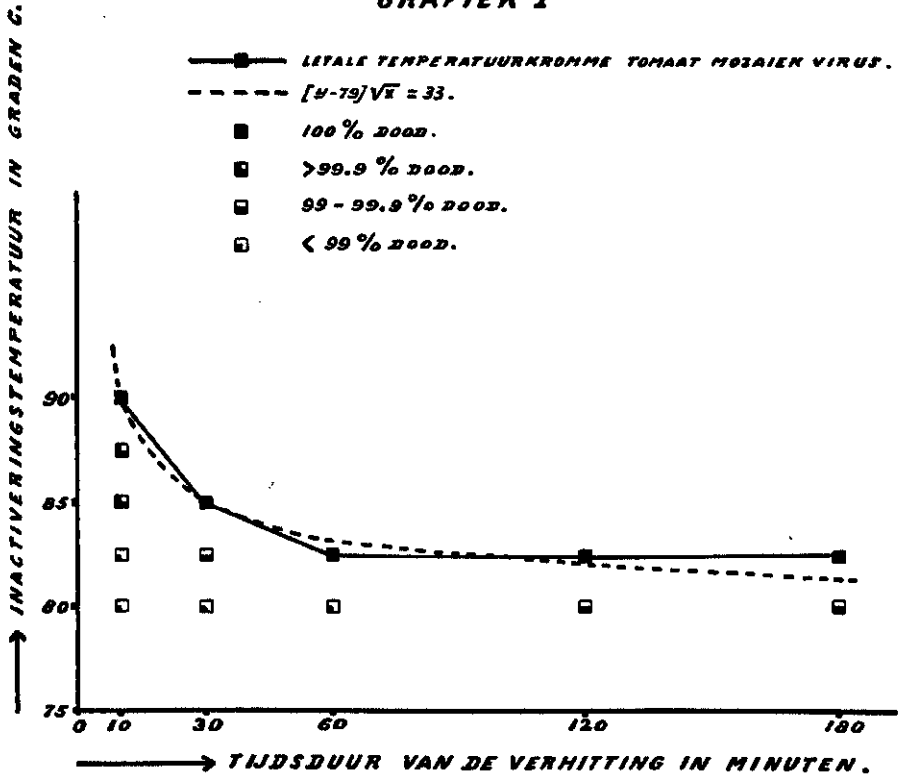
Welke maatregelen kan men nu nemen tegen de besmetting van de grond uit? De besmetting heeft voornamelijk plaats door aanraking van jonge stengels en bladeren met besmette gronddeeltjes, dus aan de oppervlakte van de grond. Dit is duidelijk gebleken bij het afdekken van de grond met rivierzand. In de praktijk is een dergelijke afdekking moeilijk uitvoerbaar. Turfmolm zou beter geschikt zijn, doch is vrij kostbaar. Zij kan echter naderhand tevens dienst doen voor structuurverbetering. GLAS (5) vermeldt een gunstig resultaat van het afdekken van de grond met zaagsel ten opzichte van de besmetting van *Cladosporium fulvum*. Het zou de moeite waard zijn hiermee eens een proef te nemen op met virus besmette grond. De meeste tuinders zullen het gebruik van zaagsel echter wel niet aantrekkelijk vinden.

Het beste zou zijn de grond te ontsmetten. Op advies van Prof. TENDELOO zijn proeven genomen met het toevoegen van koperverbindingen aan de grond ter stimulering van de oxydatieve inactivatie. Deze proeven hebben echter geen succes gehad. Ook bij toevoeging van zeer grote hoeveelheden (0,4 g CuSO_4 per kg grond of 120 kg per are) kon niet de minste versnelling van de inactivering worden waargenomen. Het gebruik van formaline en chloorpicrine had evenmin succes. Zo rest alleen nog de mogelijkheid van het stomen van de grond.

Om over deze mogelijkheid goed ingelicht te worden, was het eerst nodig om het verband tussen de inactiveringstemperatuur van het virus en de verhittingsduur te bepalen. De resultaten van dit onderzoek kan men aflezen uit grafiek 1.

Evenals bij vele microorganismen (VAN KOOT en WIERTZ, 10) kan het verband tussen deze beide grootheden zeer goed weergegeven worden door een formule van de algemene vorm $(y - a)\sqrt{x} = b$. Hierin stelt y de letale temperatuur voor en x de duur van de verhitting, terwijl a de maximum temperatuur is, waarbij het virus onbepaalde tijd actief blijft. Voor het mozaïekvirus van de tomaat geldt de formule $(y - 79)\sqrt{x} = 33$. De gevonden afwijkingen zijn niet groter dan 1,1 °C. Men ziet hieruit dat voor het inactiveren van het virus in de grond, een temperatuur nodig is van minstens 80 °C. Een verhitting gedurende 1 uur tot 82,5 °C is voldoende om al het virus te inactiveren, een verhitting gedurende 3 uur tot 80 °C is hiervoor nog niet geheel voldoende.

GRAFIEK 1



Men mag hieruit dus wel concluderen, dat het nodig zal zijn om de grond zeer zwaar te stomen, wil men een afdoende desinfectie verkrijgen. Hier staat echter tegenover dat het niet noodzakelijk is de grond tot op grote diepte te verhitten. De grond wordt nl. in hoofdzaak besmet van bovengrondse plantendelen uit, terwijl de infectie van het gewas ook weer aan de oppervlakte van de grond plaats heeft. Het virus is geen organisme, waarvan men kan verwachten dat het zich in sterke mate op en neer kan bewegen in de grond. Alleen met een sterk neerdalende of opstijgende waterstroom zou het kunnen worden meegevoerd. Het lijkt ons daarom het geschiktst om de grond zwaar te stomen tot op een diepte van 20 tot

25 cm, waarbij door een goede afdekking ervoor gezorgd moet worden dat ook het oppervlak van de grond overal een temperatuur van minstens 80 °C bereikt. Na het stomen moet dan geplant kunnen worden zonder dat eerst nog weer een diepe grondbewerking plaats vindt.

SAMENVATTING

Proefondervindelijk werd aangetoond dat het naaldbladsymptoom bevordert wordt door lichtgebrek, en in mindere mate door een overmatige stikstofvoeding. Serologisch kon geen verschil tussen het naaldbladvirus en het mozaïekvirus worden vastgesteld. Verschillende waarnemingen maken het waarschijnlijk, dat ook het strip-symptoom (necrose op bladeren en op vruchtstelen) en de ongelijkmatige kleuring van de vruchten niet aan aparte virusstammen zijn gebonden. Dit is echter nog niet door serologisch onderzoek bevestigd.

Verschillen in vatbaarheid voor mozaïekvirus kunnen worden aangetoond door inoculatie met sterk verdund virushoudend sap (b.v. 1 op 100.000). Op deze wijze is gebleken dat jonge tomaatplanten, die zijn opgekweekt in een donkere omgeving bij hoge temperatuur en vochtigheid, aanzienlijk vatbaarder zijn dan planten, die in het volle daglicht bij lagere temperatuur en vochtigheid zijn opgekweekt. Met het onderzoek van rasverschillen in vatbaarheid is nog pas een begin gemaakt.

Bij uitsluiting van elke kans op infectie van buiten af en van onderlinge infectie, blijkt het mozaïekvirus slechts in zeer geringe mate (0,1-0,2 %) met het zaad over te gaan. Dit is zelfs het geval wanneer het zaad 1 dag voor het uitzaaien in virushoudend sap wordt ondergedompeld.

Grondontsmetting tegen het mozaïekvirus met chemische middelen bleek niet goed mogelijk. Toevoeging van koperzouten gaf geen versnelling van de inactivering. Het verband tussen de letale temperatuur en de verhittingsduur wordt zeer goed weergegeven door de formule $(y - 79) \sqrt{x} = 33$. Door een verhitting gedurende 1 uur tot 82,5 °C wordt al het virus gedood. Een goede ontsmetting kan waarschijnlijk worden verkregen door de bovenste 20 tot 25 cm grond zwaar te stomen.

SUMMARY

Experiments have shown that the development of the fern-leaf symptom (Fig. 1 and 2) is favoured by low light intensity and to a less extent by excess nitrogen. Serologically, no difference was detectable between the fernleaf virus and the mosaic virus. In addition, the results of several experiments indicate that the „strip symptom” (necrosis on leaves and fruit stalks) and the irregular colour formation in the fruits (Fig. 3) need not be symptoms of separate virus strains. However, this has not yet been tested by serological methods.

Differences in susceptibility to mosaic virus can be demonstrated by inoculating with a highly diluted virus-containing sap, (e.g. 1 in 100.000). Such inoculations have shown that young tomato plants grown under low light intensity and at high temperature and moisture are much more susceptible than plants grown in full daylight under conditions of lower temperature and moisture (Table 1). Experiments on varietal differences have been started.

Through the exclusion of all outward and mutual infection it has been shown that the mosaic virus is seed-borne to only a very low degree (0,1-0,2 %). This is the case even when the seed is immersed in virus-containing sap the day before sowing.

It does not appear to be possible to combat the mosaic virus by soil disinfection with chemical agents. The addition of copper salts did not accelerate inactivation.

The relationship between duration of heating and lethal temperature is given by the equation, $(y - 79) \sqrt{x} = 33$ (diagram 1). All virus is destroyed by heating for 1 hour at 82,5 °C. A satisfactory disinfection is probably obtainable by a thorough steaming of the upper 20–25 cm of the soil.

LITERATUUR

1. BAWDEN, F. C., „Department of plantpathology”. Ann. Rep. Roth. Exp. St., p. 57, 1946.
2. ———, „Physiology of disease resistance in plants”. Nature 161: 423, 1948.
3. BAWDEN, F. C. and ROBERTS, F. M., „The influence of light intensity on the susceptibility of plants to certain viruses”. Ann. Appl. Biol. 34: 286–296, 1947.
4. BREWER, P. H., KENDRINE, JAMES B., GARDENER, MAX W., „Effect of mosaic on carbohydrate and nitrogen content of the tomato plant”. Phytopathol. 16: 843–851, 1926.
5. GLAS, P., „De meeldauw of de bladvlekkenziekte in de tomaten”. Groente en Fruit 3: 406–407, 1947.
6. HOGGAN, I. A. and JOHNSON, J., „Behavior of the ordinary tobacco mosaic virus in the soil”. J. Agr. Res. 52: 271–294, 1936.
7. HOWLES, R., „Virus diseases”. Ann. Rep. Exp. Res. St. Cheshunt 33: 22–28, 1947.
8. KOOT, Y. v., „Bestrijding van virusziekten in de tomaat door een juiste hygiëne”. De Tuinbouw 1, afl. 8, 5–8, 1946.
9. ———, „De belangrijkste virusziekten van de tomaat in Nederland”. Med. Tuinb. voorl.d. No 10. 1939.
10. KOOT, Y. v. en WIERTZ, G., „Onderzoek naar de afstervingstemperaturen van enkele voor de plantengroei schadelijke bodem-organismen”. Tijdschr. Pl.ziekten 53: 121–133, 1947.
11. LANGFORD, A. N., „Autogenous necrosis in tomatoes immune from *Cladospodium fulvum* Cooke”. Canad. J. Res. Sect. C. 26: 35–65, 1948.
12. Mc. KINNEY, H. H., „Soil factors in relation to incidence and symptom-expression of virusdiseases”. Soil Sc. 61: 93–100, 1946.
13. QUANJER, H. M., „Bijdrage tot de kennis van de in Nederland voorkomende ziekten van tabak en van de tabaksteelt op de kleigrond”. Tijdschr. P.ziekten 49: 37–51, 1943.
14. SELMAN, I. W., „Virus infection and water loss in tomato foliage”. Pom. Hort. Sci 21: 146–154, 1945.
15. ———, „The localisation of tobacco-mosaic virus in tomato fruits”. J. Pom. Hort. Sci. 22: 226–235, 1946.
16. ———, „Plantdiseases; chemical investigations”. Ann. Rep. Exp. Res. St. Cheshunt, 32: 64–70, 1946.
17. ———, „Can tomato plant resist mosaic infection”. Ann. Rep. Exp. Res. St. Cheshunt 31: 46–55, 1945.
18. ———, „The growth of the plant in relation to the incidence of virus-infection”. J. Pomcl. 23: 50–62, 1947.

19. SELMAN, I. W., „Resistance to mosaic infection in the tomato in relation to soil conditions. J. Pomol. 23: 71-79, 1947.
20. WANT, J. P. H. v. D., „Het stippelstreep van de boon, een ziekte veroorzaakt door een virus dat in de grond overblijft.” Tijdschr. Pl.ziekten 54: 85-90, 1948.
21. WENT, F. W., „Plantgrowth under controlled conditions V the relation between age, light, variety and thermoperiodicity of tomatoes”. Amer. J. Bot. 32: 469-479, 1945.