

KURKWORTELVerschijnselen van tomaat, VERoorzaakt door een steriel mycelium¹⁾

With a summary: Corky root symptoms of tomato caused by a sterile mycelium

DOOR

D. NOORDAM,²⁾ G. P. TERMOHLEN³⁾ en T. H. THUNG²⁾

Instituut voor Plantenziektenkundig Onderzoek (I.P.O.), Wageningen

1. INLEIDING

Reeds meer dan 20 jaar is er in Nederland een ziekte van tomaten bekend, die „kurkwortel” wordt genoemd naar het meest karakteristieke kenmerk van de ziekte: verdikte wortels met kurklijsten (ANONYMUS, 1937). De wortelaantasting belemmert sterk het opnemen van vocht, waardoor de planten als de vijfde of zesde tros gevormd is bij zonnig weer slap gaan hangen. Een belangrijke opbrengstvermindering is het gevolg van deze ziekte (DE MOS, 1954).

Oorspronkelijk dacht men, dat kurkwortel door een schimmel werd veroorzaakt. Bij infectieproeven met een bepaald steriel mycelium waren de geïnfecteerde planten wel sterker aangetast dan de niet-geïnfecteerde, maar de verschillen waren onvoldoende om te kunnen zeggen dat deze schimmel de oorzaak van kurkwortel was (ANONYMUS, 1937, 1938 en 1939).

KLINKENBERG (1940) vond bij isolatie geen parasitaire schimmels in aangestaste wortelstukjes en infectieproeven met uit zieke delen geïsoleerde bacteriën gaven een negatief resultaat. Ook VERLEUR (ongepubliceerd) isoleerde bacteriën uit zieke tomatewortels, maar infectieproeven gaven onvoldoende bewijs dat deze bacteriën kurkwortel kunnen veroorzaken. Dit werk werd op het Phytopathologisch Laboratorium „Willie Commelin Scholten” te Baarn verricht.

KLINKENBERG (1940) deed een uitvoerig anatomisch onderzoek aan wortels van kurkwortelzieke tomaten. Zij kon geen schimmel in de wortels waarnemen en maakte de veronderstelling, dat virus de oorzaak van kurkwortel zou zijn. Het anatomisch ziektebeeld kwam sterk overeen met „brown root rot”, een ziekte van tabak en tomaat, waarnaar JOHNSON (1939) een onderzoek instelde, evenwel zonder de oorzaak van de ziekte te kunnen vaststellen. Door MOUNTAIN (1954) werd bewezen dat aaltjes, behorende tot het geslacht *Pratylenchus* primair de oorzaak van „brown root rot” zijn.

Sedert 1952 zijn door THUNG onderzoekingen over kurkwortel gedaan. Het bleek (THUNG, 1953), dat uit wortels van kurkwortelzieke tomaten meermalen een virus van het tabaksnecrose-type kon worden geïsoleerd. Met dit virus werden inoculatieproeven bij tomaten in potten gedaan. In deze proeven traden echter zó sporadisch verschijnselen van kurkwortel op, dat men veronderstelde, dat er naast het virus een andere factor moet bestaan, die kurkwortelverschijnselen veroorzaakt. Als mogelijke factor werd aan verwonding der wortels gedacht. Na 1953 werden met medewerking van Dr. J. W. SEINHORST talrijke proe-

¹⁾ Aangenomen voor publikatie 28 maart 1957.

²⁾ Thans Laboratorium voor Virologie der Landbouwhogeschool, Wageningen.

³⁾ Gedetacheerd bij het Proefstation voor Groente- en Fruitteelt onder glas te Naaldwijk.

ven genomen om na te gaan of aaltjes (die een verwonding van de wortels zouden kunnen veroorzaken), gecombineerd met het tabaksnecrosevirus, kurkwortel teweeg zouden kunnen brengen. Dit bleek niet het geval te zijn: aaltjes alleen of aaltjes met virus gaven geen ziekteverschijnselen bij tomatewortels, of zó weinig, dat geconcludeerd werd, dat de primaire oorzaak van de ziekte niet was gevonden. In de praktijk van de tomatenteelt blijkt ook, dat het grondontsmettingsmiddel DD de aaltjes wél, doch de kurkwortel niet bestrijdt.

Behalve met besmette grond bleek het mogelijk de ziekte te verwekken door gedroogde en gemalen zieke tomatewortels aan gestoomde potgrond toe te voegen. In het hier volgende onderzoek werd nagegaan in welke fracties van tot poeder gemalen zieke tomatewortels zich het besmettelijk agens bevindt. Hiertoe pasten we een methode toe van zeven en centrifugeren. Vervolgens werd uit jonge, aangetaste tomatewortels een schimmel geïsoleerd, die in staat bleek de typische kurkwortelverschijnselen teweeg te brengen.

2. SCHEIDING VAN KURKWORTELPOEDER IN FRACTIES MET VERSCHILLENDE SEDIMENTATIESNELHEDEN

Sterk door kurkwortel aangetaste tomatewortels, afkomstig uit Naaldwijk, werden 5 dagen in een kas gedroogd en daarna in een grondmolen gemalen. Dit poeder werd door een 50 μ zeef gezeefd door deze – met poeder gevuld – in water op en neer te halen. De fractie, die door de 50 μ mazen ging, werd vervolgens in een Sharples centrifuge met „clarifier bowl” en in een hoekcentrifuge gescheiden in fracties met deeltjes van verschillende sedimentatiesnelheden. Om iedere fractie zo homogeen mogelijk te krijgen, is elk sediment in de centrifugebuizen nog weer twee maal in water opgenomen en iedere keer bij dezelfde snelheid gecentrifugeerd. In totaal werden zo de 7 fracties verkregen, die in Tabel 1 zijn genoemd.

TABEL 1. Fracties van kurkwortelpoeder die door zeven en centrifugeren werden verkregen.

Fractionation of corky root powder gained by sieving and centrifugation.

- | | |
|--|---|
| 1. residu op zeef, deeltjes groter dan 50 μ | – residue on sieve, particles > 50 μ . |
| 2. sediment gecentrifugeerd 1 min. 1000 t.p.m. | – sediment centrifuged 1 min. 1000 r.p.m. |
| 3. sediment gecentrifugeerd 5 min. 1800 t.p.m. | – sediment centrifuged 5 min. 1800 r.p.m. |
| 4. sediment gecentrifugeerd 9 min. 8000 t.p.m. | – sediment centrifuged 9 min. 8000 r.p.m. |
| 5. sediment gecentrifugeerd 20 min. 10000 t.p.m. | – sediment centrifuged 20 min. 10000 r.p.m. |
| 6. sediment gecentrifugeerd Sharples „clarifier bowl” 40.000 t.p.m. (r.p.m.) 500 ml p. 60 min. | |
| 7. bovenstaande vloeistof van 6 | – supernatant of 6. |

Om een globale indruk te krijgen van de hoeveelheid schimmels en bacteriën in deze fracties werden residu en sedimenten in gelijke hoeveelheden water opgenomen en vervolgens in verdunningen op voedingsbodems in petrischalen gegoten.

Voor het bepalen van het aantal schimmels, dat in iedere fractie aanwezig was, werd kersagar als voedingsbodem gebruikt en bouillonagar voor bacteriën. In fractie 1, 2 en 3 in een verdunning van 1:100, waren gekiemde schimmelsporen aanwezig, doch deze ontbraken geheel in de andere fracties. Bacteriën waren in alle fracties aanwezig, hetgeen kon worden verwacht, daar geen gebruik van bacteriefilters was gemaakt en de verdunningen met leidingwater waren vervaardigd. Het aantal bacteriën in de fracties 5 en 6 was echter belangrijk kleiner dan dat in de fracties 1, 2 en 3, maar toch hoger dan in leidingwater.

Fracties 1-7 gaven na inoculatie op *Nicotiana rustica* respectievelijk 488, 10, 7, 23, 92, 1184 en 14 locale vlekken van virus, waarschijnlijk alleen van tabaksmozaïekvirus.

3. INFECTIEPROEVEN MET FRACTIES VAN VERSCHILLENDE SEDIMENTATIESNELHEID

Voor de scheiding in fracties gingen wij uit van 60 gram droog poeder van tomatewortels met verschijnselen van kurkwortel. De fracties 3-6 werden gemengd met gesteriliseerd zilverzand, dat werd aangevuld tot de totale hoeveelheid 300 ml bedroeg; vooraf waren deze fracties in een kleine hoeveelheid water opgenomen om een goede menging te bevorderen. Van de fracties 1 en 2 was zoveel materiaal aanwezig, dat deze ook nog in een 10 maal kleinere hoeveelheid door de grond konden worden gemengd; fractie 1 mengden wij bovendien nog in een 100 maal kleinere hoeveelheid door de grond. Het besmette zilverzand werd over 3 gesteriliseerde en geparaffineerde potjes verdeeld en in iedere pot werd een tomatplantje gezet. De potjes werden geregeld van een voedingsoplossing voorzien (een gewijzigde Knop-oplossing).

Na vier weken werden bij enkele planten op de wortels talrijke bruine vlekken waargenomen. De resultaten van de beoordeling van de wortels van de tomatplanten na 13 weken zijn weergegeven in Tabel 2.

De aantasting bleek beperkt te zijn gebleven tot de wortels in de fracties 1 en 2. Fractie 1 had meer infectie teweeggebracht dan fractie 2, wat bij de eerste beoordeling nog duidelijker naar voren kwam. Van de controle werden 2 plantjes beoordeeld: de wortels waren volkomen blank.

Gelijktijdig met de hierboven beschreven proef werd een proef met gestoomde grond genomen, waarbij gelijke hoeveelheden met telkens 100 ml fracties van kurkwortel na behandeling volgens Tabel 1, werden vermengd. Deze proef werd in tweevoud in potten van 600 ml inhoud uitgevoerd. De planten in deze potten ontwikkelden zich iets forser dan in de potjes met zilverzand, maar de wortelaantasting kwam bij de beoordeling geheel overeen met die in de proef met zilverzand.

Uit deze proeven blijkt dus, dat in de fractie die grover of in elk geval niet veel fijner is dan 50 μ , het agens aanwezig is dat kurkwortelverschijnselen kan verwekken. Dit agens, dat infectie veroorzaakt, zou op grond van deze afmeting een schimmel kunnen zijn en daarom zijn vervolgens schimmelisolaties verricht.

4. INFECTIEPROEVEN MET SCHIMMELS, GEÏSOLEERD UIT ZIEKE TOMATEWORTELS

Schimmels werden geïsoleerd uit wortels van tomaten, die 4 weken gegroeid waren in zilverzand, gemengd met poeder van kurkwortelzieke tomaten. Van de geïsoleerde schimmels kweekten we er 8 gedurende 3 weken op kersagar en deze mengden we vervolgens door steriel zilverzand, dat over 3 potjes van 100 ml werd verdeeld. Slechts bij de tomaten, gepoot in de potjes met één van de 8 schimmels, was na 6 weken een sterke aantasting van de wortels te zien, geheel overeenkomende met de aantasting bij tomaten in zilverzand met poeder van kurkwortels en met de aantasting in van nature besmette grond. Bij herhaling van de proef werd hetzelfde resultaat verkregen, ook bij gebruik van steriele potgrond in plaats van zilverzand.

De aantasting, die in al deze proeven met respectievelijk van nature besmette

TABEL 2. Mate van aantasting van de wortels van tomaten in potten met zilverzand, respectievelijk gemengd met de 7 fracties van kurkwortelpoeder, die in Tabel 1 zijn vermeld; beoordeling na dertien weken.

Rate of infection after 13 weeks of roots of tomato plants in pots with silver sand mixed with the 7 fractions of corky root powder as described in Table 1.

Mate van aantasting*) in pot no: Rate of infection*) in pot number:		Mate van aantasting*) in pot no: Rate of infection*) in pot number:		
Quantity of every fraction of corky root powder per pot mixed and supplied with silver sand to 100 ml.		1	2	3
1 a	40 g wortelpoeder (powder of roots) > 50 μ	5	5	5
b	4 g wortelpoeder (powder of roots) > 50 μ	4	5	4
c	0,4 g wortelpoeder (powder of roots) > 50 μ	4	4	4
2 a	4 g sediment na centrifugeren (sediment after centrifuging) 1.000 t.p.m. 1 min.	4	4	4
b	0,4 g sediment na centrifugeren (sediment after centrifuging) 1.000 t.p.m. 1 min.	4	3	3
3	sediment na centrifugeren (sediment after centrifuging) 1.800 t.p.m. 5 min.	0	0	0
4	sediment na centrifugeren (sediment after centrifuging) 8.000 t.p.m. 9 min.	0	0	0
5	sediment na centrifugeren (sediment after centrifuging) 10.000 t.p.m. 20 min.	0	0	0
6	sediment na centrifugeren (sediment after centrifuging) Sharples 40.000 t.p.m. clarifier bowl, 500 ml p. 60 min.	0	0	0
7	4 ml van totaal 3 l bovenstaande vloeistof van 6 - 4 ml of a total amount of 3 l supernatant of 6	0	0	0
8	alleen zilverzand - silver sand only	0	0	-

*) 5 = wortels geheel bruin - 5 = roots completely brown

0 = wortels gezond - 0 = roots healthy

grond, met kurkwortelpoeder en met de parasitaire schimmel, in de eerste zes weken na het potten werd waargenomen, bestond uit bruine, iets hobbelige of iets verdikte plekjes op het basale gedeelte van de wortels. Zeer kenmerkend was ook, dat wortelharen bij planten met sterk aangetaste wortels geheel ontbraken.

Eén typisch kenmerk van de ziekte, de sterk verdikte, verkurkte wortelgedeelten, werd in deze proeven niet gevonden. Veronderstellende, dat dit samenhang met de korte duur van de proeven als gevolg waarvan de wortels geen gelegenheid zouden hebben gehad om voldoende diktegroei te vertonen, is een langer durende proef genomen met tomaten in potten met een inhoud van 6 liter.

De potten werden gevuld met gestoomde grond, gemengd met verschillende hoeveelheden van de parasitaire schimmel, die vooraf in steriele tomatewortels was vermenigvuldigd. Ter vergelijking werden ook potten gevuld met respectievelijk van nature besmette grond, met gestoomde grond, waaraan poeder van kurkwortels werd toegevoegd, en met gestoomde grond zonder meer. Half februari pootten wij de tomaten in potten en eind september werden de wortels van de planten beoordeeld, waarbij het volgende bleek:

1. In de potten met de parasitaire schimmel waren talrijke wortels rot (Fig. 1); de schors liet vaak los, zodat alleen de centrale cilinder overbleef (Fig. 2). Door het uitgroeien van nieuwe wortels uit wortel- en stengelbasis vormden zich pruiken van korte bruine wortels. Naast deze kleine rotte wortels kwamen enkele dikke wortels met verdikkingen en kurklijsten voor, zoals van typische kurkwortel in de praktijk bekend is (Fig. 3). Fijnere zijwortels ontbraken.

2. Bij een 10 maal geringere hoeveelheid parasitaire schimmel werden meer dikke wortels met kurklijsten gevonden, wat erop kan wijzen, dat bij een te grote hoeveelheid schimmel de wortels te vroeg en te sterk worden aangetast om tot ontwikkeling te komen.

3. Het ziektebeeld van wortels in grond met de parasitaire schimmel was gelijk aan dat van wortels in grond met kurkwortelpoeder en in van nature besmette grond, behalve dat de wortels in laatstgenoemde gevallen er donkerder uitzagen door de aanwezigheid van *Colletotrichum atramentarium*.

4. De wortels van de planten in 5 potten zonder parasitaire schimmel waren blank, rijk vertakt met talrijke fijne zijwortels (Fig. 1). In één van de 6 potten zonder parasitaire schimmel waren de wortels grotendeels bruin. Het is niet onmogelijk, dat spontane infectie hiervan de oorzaak is geweest.

Van uit deze proef afkomstige aangetaste wortels, gegroeid in grond, besmet met de parasitaire schimmel, kon uit 39 van de 65 stukjes de betreffende schimmel weer worden geïsoleerd; uit 20 stukjes groeide *Colletotrichum*. Uit gezonde wortels, gegroeid in grond zonder de parasitaire schimmel, kon deze schimmel niet worden geïsoleerd; wel werd hier in 14 van de 40 isolaties *Colletotrichum* aangetroffen. Dat uit een belangrijk deel van de 65 stukjes met kurkwortel de parasitaire schimmel niet werd geïsoleerd vindt een goede verklaring in het feit, dat de parasitaire schimmel langzaam groeit. Op kersagar groeide deze schimmel bij 25°C ongeveer 5 maal zo langzaam als *Colletotrichum*. Zowel sap van de in reïncultuur gekweekte schimmel, als sap van de wortels met kurkwortel uit deze proef is geïnoculeerd op tabak om na te gaan of er tabaksnecrosevirus of tabaksmozaïekvirus in aanwezig was. Dit bleek niet het geval

te zijn, zodat hiermede werd aangetoond, dat de schimmel zonder aanwezigheid van virus in staat is verschijnselen van kurkwortel te veroorzaken.

5. BESCHRIJVING VAN DE PARASITAIRE SCHIMMEL

De parasitaire schimmel vormt geen sporen. Door het Centraal Bureau voor Schimmelcultures te Baarn kon de schimmel niet worden gedetermineerd. De kleur van het mycelium is grijs en bij cultuur op kersagar ontwikkelen zich na enkele weken zwarte microsclerotien.

6. SAMENVATTING EN NABESPREKING

Uit dit onderzoek is gebleken dat een bepaalde steriele schimmel in staat is dezelfde ziekteverschijnselen op te wekken die bij kurkwortel optreden. Nu blijkt uit de literatuur dat al meermalen een steriele schimmel uit tomatewortels met kurkwortelverschijnselen is geïsoleerd (WILLIAMS, 1929; ANONYMUS, 1936; RICHARDSON & BERKELEY, 1944; GRAM & WEBER, 1944; EBBEN, 1950; EBBEN & WILLIAMS, 1956). Echter slechts RICHARDSON & BERKELEY konden aantonen, dat de door hen onderzochte schimmel de oorzaak is van kurkwortelverschijnselen. Het is zonder verder onderzoek ondoenlijk uit te maken, waarom in vroegere onderzoeken niet vaker een steriele schimmel als oorzaak van kurkwortelverschijnselen werd gevonden.

SUMMARY

Corky root of tomato has been known in the Netherlands for about 20 years. A sterile fungus was isolated from diseased roots but infection experiments with this organism were not convincing (ANONYMUS, 1937, 1938 and 1939). Experiments with bacteria were also negative (KLINKENBERG, 1940). Anatomical similarities led this author to assume that „brown root rot” of tobacco and tomato, as described by JOHNSON (1939), and corky root might be caused by the same organism. MOUNTAIN (1954) pointed out that „brown root rot” of tobacco is caused by nematodes of the genus *Pratylenchus*.

THUNG (1953) frequently isolated a tobacco necrosis virus from diseased tomato roots but he seldom observed symptoms of corky root after infection of tomato roots with this virus. Experiments carried out in co-operation with Dr. J. W. SEINHORST on nematodes combined with tobacco necrosis virus gave no convincing results.

Corky root symptoms appear in naturally infected soil, but also in steamed soil mixed with dried ground diseased tomato roots. By sieving and centrifugation of corky root powder (Table 1) we obtained fractions of different sedimentation speeds.

On a nutrient medium in petri dishes fungus spores were found only in fractions 1, 2 and 3. Bacteria were present in all fractions, but only small numbers were found in fractions 5 and 6. Inoculation experiments on *Nicotiana rustica* indicated that virus, probably tobacco mosaic virus, was present in all fractions, but most of it in the fractions 1 and 6.

All fractions were mixed with silver sand in paraffined pots. Tomatoes were planted in these pots and after 4 weeks already some plants showed brown

patches on the roots. After 13 weeks symptoms were found only in pots with fractions 1 and 2 (Table 2), the difference between the infection rates of the two plots being more clearly demonstrated after four weeks. Control plants in steamed silver sand showed no sign of infection.

At the same time a similar experiment was done in which each fraction was mixed with steamed soil in two pots of 600 ml. Although the plants in these pots developed more vigorously than the plants growing in silver sand, the infection of the roots was similar in both series. Apparently, infection is caused by fractions not much finer than 50μ . Fungi were isolated from roots grown during 4 weeks in silver sand mixed with powder of diseased roots. Only one of the eight isolated fungi when introduced in silver sand was capable of carrying an infection similar to that affected by powder of corky roots.

The diseased roots were brown at the base and somewhat blistered. Typical symptoms (thickened corky roots) were not found in these experiments. Therefore the infective fungus was grown on autoclaved tomato roots and mixed with steamed soil. Tomatoes were grown in this mixture in 6 litre pots from February till September. Control plants were grown in steamed soil with and without powder of diseased roots. The results were:

1. In pots with the infective fungus numerous roots were rotten (Fig. 1); the cortex loosened and often only the central axis remained (Fig. 2). From the base of roots and stem new roots developed which remained short and soon became brown. This part of the root system had a bushy appearance. Apart from these smaller rotten roots there were some heavier ones with thickenings and corky rims as found on naturally infected tomato roots (Fig. 3). The numerous secondary roots present in healthy plants, were lacking.

2. In pots inoculated with only one tenth of the previous amount of the parasitic fungus, more heavy roots with corky rims were found. Therefore it seems that with too high a quantity of fungus the roots are so strongly attacked that they show less secondary growth.

3. The symptoms on the roots caused by the fungus, by the powder of corky roots and by infected soil respectively were similar, although the roots in naturally infected soil and in soil mixed with powder of diseased roots showed a darker colour as a result of the presence of *Colletotrichum atramentarium*.

4. The roots of plants in 5 out of 6 pots without the parasitic fungus were white, strongly branched with numerous secondary roots (Fig. 1). However in one of these pots the roots were brown for the greater part, possibly due to a spontaneous infection. The parasite has been reisolated from 39 out of 65 pieces of roots grown in soil infected with the fungus but not from healthy roots. *Colletotrichum* developed from 20 pieces of roots grown in infested soil and also from healthy roots. On cherry agar at 25°C the parasitic fungus grows 5 times slower than *Colletotrichum*. This may be an explanation for the fact that the parasite could not always be isolated.

Neither tobacco necrosis virus nor tobacco mosaic virus were found either in the roots of plants from this experiment or in the parasitic fungus itself. Apparently the parasitic fungus can cause corky root symptoms without the presence of these viruses.

The fungus is non-sporulating and so far could not be determined at the Centraal Bureau voor Schimmelcultures at Baarn, Holland. The mycelium is grey and it develops black microsclerotia. Sterile fungi have been isolated from

tomato roots by WILLIAMS (1929), ANONYMUS (1936), RICHARDSON & BERKELEY (1944), GRAM & WEBER (1944), EBBEN (1950), EBBEN & WILLIAMS (1956). But only RICHARDSON & BERKELEY clearly demonstrated that a sterile fungus was the cause of the disease they described.

LITERATUUR

- ANONYMUS, - 1937. Kurkwortel bij tomaten. Jaarverslag Proeftuin Z.H. Glasdistrict Naaldwijk, 1936:72.
- ANONYMUS, - 1938. Kurkwortel bij tomaten. Jaarverslag Proeftuin Z.H. Glasdistrict Naaldwijk, 1937:80-81.
- ANONYMUS, - 1939. Kurkwortel bij tomaten. Jaarverslag Proeftuin Z.H. Glasdistrict Naaldwijk, 1938:34-35.
- EBBEN, M. H., - 1950. Brown root rot of the tomato. Rep. Exp. Res. Sta. Cheshunt, 1949:28-32.
- EBBEN, M. H. & P. H. WILLIAMS, - 1956. Brown root rot of tomatoes. I. The associated fungal flora. Ann. appl. Biol. 44:425-436.
- GRAM, E. & A. WEBER, - 1944. Plante sygdomme. (København, 2e druk).
- JOHNSON, J., - 1939. Studies on the nature of brown root rot of tobacco and other plants. J. agr. Res. 58:843-864.
- KLINKENBERG, C. H., - 1940. Abnormale kurkvorming. Acad. Proefschrift Univ. Amsterdam, 117 pp.
- MOS, D. DE, - 1954. Kurkwortel in tomaten. Groenten en Fruit 10:242.
- MOUNTAIN, W. B., - 1954. Studies of nematodes in relation to brown root rot of tobacco in Ontario. Canad. J. Bot. 32:737-759.
- RICHARDSON, J. K. & G. H. BERKELEY, - 1944. Basal rot of tomato. Phytopath. 32:615-621.
- THUNG, T. H., - 1953. Corky root disease of tomato caused by a virus. Atti del VI Congresso internazionale di Microbiologia. Vol. III, Sez. IX:392-393.
- WILLIAMS, P. H., - 1929. Fungi occurring in tomato roots. Rep. Exp. Res. Sta. Cheshunt 1928:42-45.

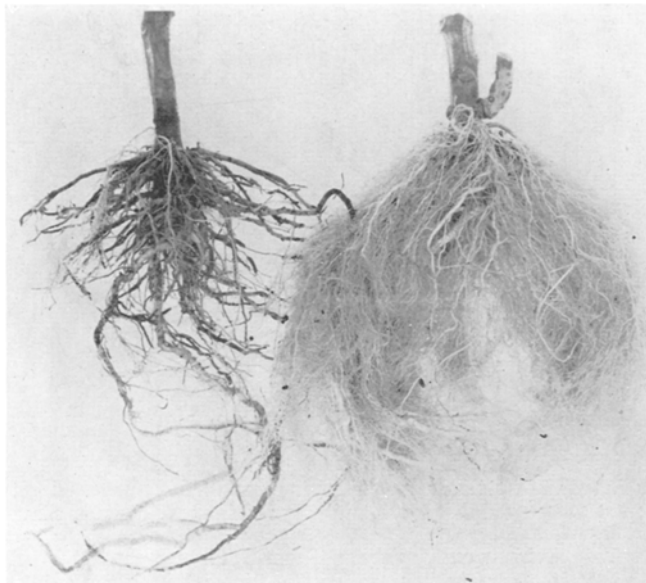


FIG. 1. Links: wortels van tomaat, gegroeid in gestoomde grond gemengd met de parasitaire niet-sporulerende schimmel; wortels grotendeels bruin en rot.
 Rechts: wortels uit gestoomde grond; de wortels zijn sterk vertakt en blank.
Left: roots of tomato grown in steamed soil mixed with the non-sporulating fungus; roots for the greater part brown and rotten.
Right: roots grown in steamed soil; they are white and show numerous secondary roots.

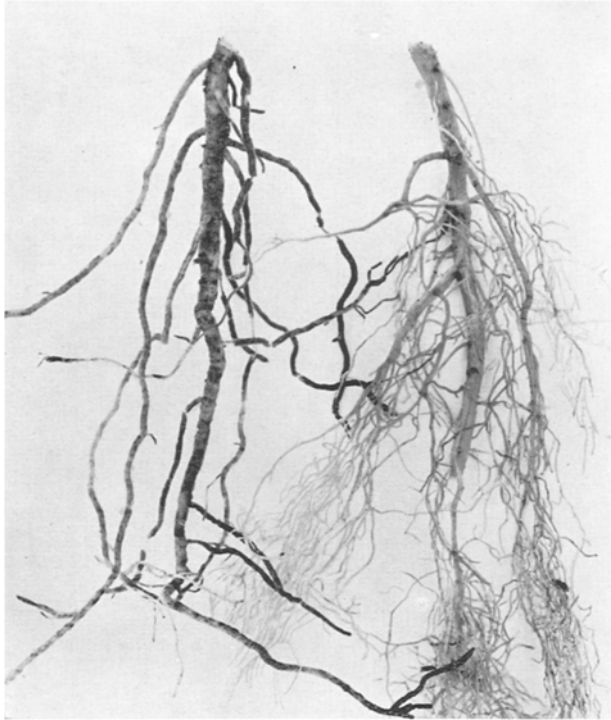


FIG. 2. Links: Detail van wortels uit grond met de parasitaire schimmel. Wortels grotendeels bruin; het schorsweefsel laat los, zodat vaak alleen de centrale cilinder overblijft. Zijwortels ontbreken.

Rechts: Wortels, blank en rijk vertakt, afkomstig uit gestoomde grond.

Left: Detail of roots from soil with the parasitic fungus. Roots for the greater part brown; the cortex loosens and only the central axis remains.

Right: Roots from steamed soil; they are white and show numerous secondary roots.

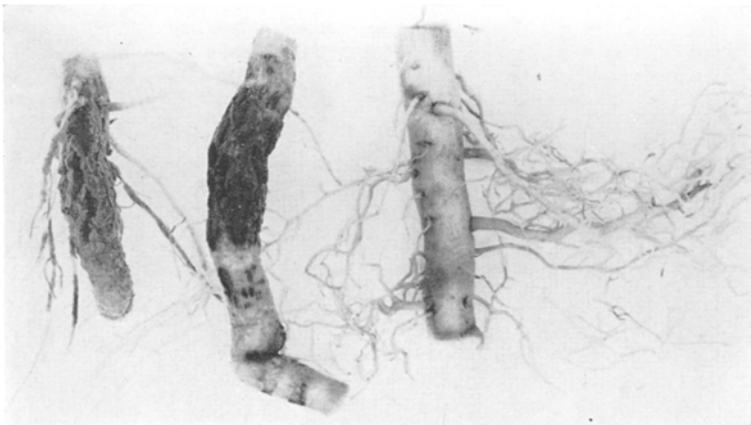


FIG. 3. Links en midden: Gedeelte van wortel uit gestoomde grond met parasitaire schimmel. Wortel plaatselijk verdikt met bruine kurklijsten.

Rechts: Wortel uit gestoomde grond.

Left and middle: Parts of roots from steamed soil mixed with parasitic fungus. Roots locally thickened with brown corky rims

Right: Roots from steamed soil.