

Wetenschappelijke
Crosst Huis

WERKGR^{ROEP}
ONDERZOEK
BESTRIJDING

AARDAPPELCYSTENAALTJE

TNO

RESULTATEN VAN
10 JAAR ONDERZOEK

NATIONALE RAAD VOOR
LANDBOUWKUNDIG ONDERZOEK T.N.O.

WERKGROEP ONDERZOEK
BESTRIJDING AARDAPPELCYSTENAALTJE

1950 - 1960

RESULTATEN VAN TIEN JAAR ONDERZOEK

NATIONALE RAAD VOOR LANDBOUWKUNDIG ONDERZOEK T.N.O.

WERKGROEP ONDERZOEK BESTRIJDING AARDAPPELCYSTENAALTJE T.N.O.

COMMISSIE VAN BEHEER

- Prof. Dr. Ir. J. C. DORST, Instituut voor Veredeling van Landbouwgewassen, Wageningen, Voorzitter
Ir. G. WANSINK, Nationale Raad voor Landbouwkundig Onderzoek T.N.O., Den Haag, Secretaris
Ir. P. A. DEN ENGELSE, Directie Akker- en Weidebouw, Den Haag
Ir. H. H. SMEENK, Landbouwschap, Den Haag

WERKGROEP

- Dr. J. G. TEN HOUTEN, Instituut voor Plantenziektenkundig Onderzoek, Wageningen, Voorzitter
Dr. Ir. C. A. HUIJSMAN, Stichting voor Plantenveredeling, Wageningen, Secretaris
Ir. W. AUKEMA, Landbouwschap, Den Haag
Dr. Ir. A. M. VAN DOORN, Directie Akker- en Weidebouw, Den Haag
Prof. Dr. H. J. DEN HERTOG, Laboratorium voor Organische Chemie, Wageningen
Dr. J. HOFSTEE, Proefstation voor Aardappelverwerking, Groningen
Mej. Dr. G. J. JANZEN, Proefstation voor Aardappelverwerking, Groningen
Mej. Dr. A. KAARS SIJPESTEYN, Organisch Chemisch Instituut T.N.O., Utrecht
Prof. Dr. G. J. M. VAN DER KERK, Organisch Chemisch Instituut T.N.O., Utrecht
Dr. P. A. VAN DER LAAN, Laboratorium voor Toegepaste Entomologie, Amsterdam
G. MINDERMAN, Instituut voor Toegepast Biologisch Onderzoek in de Natuur, Arnhem
Prof. Dr. A. J. P. OORT, Laboratorium voor Phytopathologie, Wageningen
Dr. Ir. M. OOSTENBRINK, Plantenziektenkundige Dienst, Wageningen
Ir. H. DEN OUDEN, Instituut voor Plantenziektenkundig Onderzoek, Wageningen
Dr. Ir. J. W. SEINHORST, Instituut voor Plantenziektenkundig Onderzoek, Wageningen
Prof. Dr. H. J. C. TENDELOO, Laboratorium voor Fysische en Colloidchemie, Wageningen
Dr. H. J. TOXOPEUS, Instituut voor Veredeling van Landbouwgewassen, Wageningen
Drs. H. B. A. WELLE, Organisch Chemisch Instituut T.N.O., Utrecht

INHOUD

pag.

Woord vooraf	Prof. Dr. Ir. J. C. DORST	5
Inleiding	Dr. J. G. TEN HOUTEN	7
Hoofdstuk 1. Onderzoek over de biologie van <i>Heterodera rostochiensis</i> ,	Dr. Ir. J. W. SEINHORST en Ir. H. DEN OUDEN	11
Hoofdstuk 2. Onderzoek over de resistentie van aardappelen tegen het aard- appelcystenaaltje,	Dr. Ir. C. A. HUIJSMAN	16
Hoofdstuk 3. Het kweken van aaltjesresistente aardappelrassen op basis van <i>Solanum andigenum</i> , Dr. H. J. TOXOPEUS en Dr. Ir. C. A. HUIJSMAN		22
Hoofdstuk 4. Onderzoek over de biologische bestrijding en invloed van orga- nische bemesting,	Dr. P. A. VAN DER LAAN	27
Hoofdstuk 5. Onderzoek over de chemische bestrijding van het aardappelcys- tenaaltje, Ir. J. D. BIJLOO, Mej. Dr. A. KAARS SIJPESTEYN en	Ir. H. DEN OUDEN	34
Hoofdstuk 6. Onderzoek naar de wekstof van het aardappelcystenaaltje,	Mej. Dr. G. J. JANZEN	38
Hoofdstuk 7. Het effect van wassen en ontsmetten van aardappelen,	Ir. J. D. BIJLOO	42
Samenvatting		46
Summary		48
Lijst van publikaties van leden van de Werkgroep		50

WOORD VOORAF

De berichten over de aardappelmoetheid hebben gelukkig hun alarmerend karakter verloren. Dank zij strenge overheidsbepalingen en scherpe controle, is deze vijand meer en meer in het defensief gedrongen. Waakzaamheid blijft echter geboden en voortzetting van het onderzoek is dringend nodig.

Het was dan ook een gelukkige gedachte in de Werkgroep Onderzoek Bestrijding Aardappelcystenaaltje (W.O.B.A.) onderzoekingen van zeer uiteenlopende aard te richten op één doel nl. middelen te vinden om land- en tuinbouw nog meer te beschermen tegen deze bodemparasiet.

In het volgende verslag wordt mededeling gedaan van de verrichte werkzaamheden en de verkregen resultaten in de eerste 10 jaren.

Ik zou hier kunnen uitweiden over het nut van samenbundeling van vele krachten om één object. Maar ik zou dan weinig nieuws vertellen. In de „Schriften über die Natur“ kan men vinden dat GOETHE reeds in 1792 heeft geschreven: Es gilt also auch hier, was bei so vielen andern menschlichen Unternehmungen gilt, dass nur das Interesse mehrerer auf *einen* Punkt gerichtet etwas Vorzügliches hervorzubringen im Stande sei”.

Prof. Dr. Ir. J. C. DORST



FIG. 1. Aardappelveld met pleksgewijs zeer ernstige aantasting door het aardappelcystenaaltje.
Field with patches of serious potato sickness.

Foto Plantenziektenkundige Dienst

INLEIDING

Op 25 oktober 1950 werd onder voorzitterschap van Ir. H. T. TJALLEMA, directeur van de Afdeling Akker- en Weidebouw van het Ministerie van Landbouw te Den Haag, een vergadering belegd ter bespreking van een verzoek van de Stichting voor de Landbouw, waarin werd aangedrongen de bestrijding van het aardappelaaltje (thans aardappelcystenaaltje), *Heterodera rostochiensis* WOLLENWEBER, intensief in studie te nemen. Behalve de voorzitter waren aanwezig de directeur van de Plantenziektenkundige Dienst, de inspecteurs voor het landbouwkundig en tuinbouwkundig onderzoek, een zestal hoogleraren, de secretaris en adj. secretaris van de afd. Akkerbouw van de Stichting voor de Landbouw, en enkele directeuren en onderzoekers van landbouwkundige onderzoekinstellingen.

Op deze vergadering werd besloten tot oprichting van een T.N.O. werkgroep, die weldra de naam W.O.B.A. (Werkgroep Onderzoek Bestrijding Aardappelcystenaaltje) kreeg. Daarnaast werd een Beheerscommissie in het leven geroepen, die tot taak had het werkprogramma goed te keuren en de voor de uitvoering daarvan benodigde gelden vast te stellen. Dr. C. J. BRIJÈR, directeur van de Plantenziektenkundige Dienst, werd voorzitter van de Beheerscommissie. Hij werd in 1958 opgevolgd door Prof. dr. J. C. DORST. Tot voorzitter van de Werkgroep werd Dr. J. G. TEN HOUTEN, directeur van het Instituut voor Plantenziektenkundig Onderzoek benoemd. Dr. M. OOSTENBRINK werd secretaris van de Werkgroep. De laatste is in 1958 opgevolgd door Dr. C. A. HUIJSMAN.

Het economisch belang van het aardappelcystenaaltje, dat in 1941 voor het eerst door Ir. VERHOEVEN in ons land was waargenomen en dat in de praktijk aanleiding gaf tot het optreden van de z.g. „aardappelmoeheid”, was al spoedig onderkend. Vandaar dat reeds in 1943 het „Besluit bestrijding aardappelmoeheid 1943” werd afgekondigd. In datzelfde jaar diende Ir. CLEVERINGA een officieel protest in tegen dit Besluit, omdat naar zijn mening de z.g. aardappelmoeheid geen aaltjesziekte was, maar een gevolg van sterk structuurverval van de bouwvoor. Door een goede landbouwkundige behandeling zou aardappelmoeheid weer geheel verdwijnen. Naar aanleiding van deze controverse werd de „Commissie ter Bestudering van het verband tussen Structuur en Aardappelmoeheid” ingesteld. In 1945 begon Dr. OOSTENBRINK onder auspiciën van deze Commissie een onderzoek ten einde nader inzicht in dit vraagstuk te verschaffen. Dr. OOSTENBRINK schrijft hierover in zijn dissertatie, getiteld „Het aardappelaaltje (*Heterodera rostochiensis* WOLLENWEBER) een gevaarlijke parasiet voor de eenzijdige aardappelcultuur” (1950): „Lopende het onderzoek werd de probleemstelling verlegd van de bestudering van het verband tussen bodemstructuur en aardappelmoeheid naar het zo snel mogelijk verkrijgen van inzicht in voorkomen, verspreiding, aard en bestrijdingsmogelijkheden van deze nieuwe aardappelziekte. Uiteindelijk moesten dus vele problemen rondom deze plantenziekte bestudeerd worden”. Een uitvoerig historisch overzicht over het hele aardappelmoeheidsprobleem, ook buiten Nederland, kan men in deze dissertatie vinden. Verder worden daarin de levenswijze van het aaltje onder Nederlandse omstandigheden, de waardplanten, ziekteverschijnselen, het „aardappelmoeheidsprobleem”, de bestrijding en

het gevaar van de aardappelmoetheid en de maatregelen daartegen, besproken. Uit deze opsomming zou men de indruk kunnen krijgen, dat met het verschijnen van dit proefschrift de problemen, die verband houden met het optreden van dit aaltje, waren opgelost, maar in feite toont het slechts aan hoeveel kanten dit vraagstuk heeft. Het was dan ook alleszins verantwoord het aantal onderzoekers uit te breiden, want voor één persoon was het werkterrein veel te omvangrijk.

In de oriënterende vergadering van 25 oktober 1950 zette Dr. BRIJËR de verschillende aspecten, die voor verder onderzoek in aanmerking kwamen, in 5 punten uiteen. Zij dienden als basis voor de werkzaamheden van de eind 1950 opgerichte werkgroep. Deze 5 punten waren:

1. onderzoek betreffende de bescherming van de export van pootaardappelen door te zorgen, dat deze vrij van cysten zijn of worden gemaakt;
2. onderzoek naar de mogelijkheden van een directe chemische bestrijding van het aardappelcystenaaltje in de grond. Deze bestrijding was wel reeds mogelijk, maar *nog te kostbaar* omdat niet alle aaltjes met één behandeling worden gedood;
3. onderzoek naar de bestrijdingsmogelijkheden door middel van lokstoffen, als die, welke door aardappel- en tomatewortels worden afgescheiden;
4. onderzoek naar de mogelijkheden van een biologische bestrijding van het aaltje in de grond. In 1950 waren reeds enkele parasieten en roofvijanden van het aardappelcystenaaltje bekend, maar welke rol zij speelden als opruimers van dit aaltje, was onbekend;
5. onderzoek naar de mogelijkheden van het kweken van resistente aardappelrassen, hiervoor bestonden in 1950 nog maar heel weinig perspectieven.

Aan al deze punten is in de afgelopen 10 jaar veel aandacht besteed. Wel is het onderzoek in de loop der jaren op bepaalde punten vrij belangrijk gewijzigd, of, indien daartoe reden bestond, afgesloten. Dit was het geval, wanneer het onderzoek tot een praktisch resultaat leidde of als de vooruitzichten van dien aard waren, dat men er verder geen voordeel van meende te mogen verwachten. Zo werd het onderzoek naar de mogelijkheden van een biologische bestrijding afgesloten, toen daarbij gebleken was, dat de roofvijanden van het aardappelcystenaaltje weinig kieskeurig zijn in hun voedselkeuze en dus ook niet-planteparasitaire aaltjes verslinden (zie Hoofdstuk 4).

Het onderzoek naar de mogelijkheden van een chemische bestrijding werd ten dele in veldproeven met reeds bekende nematiciden, ten dele in laboratorium- en veldproeven met nog niet eerder voor dit doel onderzochte chemische middelen uitgevoerd. Voor een paar jaar werd besloten het W.O.B.A.-onderzoek op dit terrein meer en meer te beperken tot die stoffen, waarvan een systemische werking wordt verwacht; dat zijn dus stoffen, die door de aardappelplant opgenomen en getransporteerd moeten worden naar de delen, waar de aaltjes zuigen (stolonen, knollen, wortels). Voor nadere gegevens kan verwezen worden naar Hoofdstuk 5.

Het lokstofonderzoek bleek bijzonder ingewikkeld te zijn, doordat de lokstof slechts in uiterst kleine hoeveelheden door de aardappelplant wordt afgescheiden; bovendien is deze stof moeilijk zuiver in handen te krijgen. Dat desondanks met dit onderzoek, waarmee men reeds voor de oprichting van de Werkgroep was begonnen,

is voortgegaan vindt zijn oorzaak vooral in de zeer aantrekkelijke bestrijdingswijze, die hier theoretisch aanwezig is. Als men er in zou slagen de chemische samenstelling van de wekstof te vinden, dan zou dat in principe de mogelijkheid openen een dergelijke stof te synthetiseren. Zou men zo'n stof aan de akker toedienen op een ogenblik, dat er geen aardappelen te velde staan, dan zouden de aaltjes uit de in de cysten aanwezige eieren worden gelokt en door gebrek aan voedsel te gronde gaan. In Hoofdstuk 6 kan men nadere bijzonderheden over dit onderwerp vinden.

In 1950 zag het er weinig hoopvol uit om met het kweken van tegen *Heterodera rostochiensis* resistente aardappelen te beginnen. Alleen in Engeland was iets gevonden dat op de aanwezigheid van resistentie bij een wilde Argentijnse *Solanum*-soort wees. Deze soort stond echter zo ver van onze cultuuraardappel af, dat de kans op een geslaagd veredelingsprogramma aanvankelijk slechts klein leek. Gelukkig werd enkele jaren later een nauw aan onze cultuuraardappel verwante resistente soort gevonden, waardoor de veredeling plotseling zeer aantrekkelijk werd. Over het kweekwerk wordt in Hoofdstuk 3 en over het onderzoek met betrekking tot de resistentie in het algemeen in Hoofdstuk 2 mededeling gedaan.

Na Nederland zijn thans ook Engeland, België, Oost-Duitsland, Ierland, Polen en Rusland begonnen met het kweken van voor dit aaltje resistente aardappelrassen.

Helaas blijken bij *Heterodera rostochiensis* biologische rassen voor te komen, die de resistente aardappelen aan kunnen tasten (zie Hoofdstuk 2). Al wordt het kweekwerk hierdoor bemoeilijkt, toch zijn de vooruitzichten voor het verkrijgen van goede resistente aardappelrassen in ons land zeker niet ongunstig (voor nadere argumentatie zie Hoofdstuk 2).

De mogelijkheden van wassen en ontsmetten van aardappelen werden eveneens in studie genomen. Deze voor de export van onze pootaardappelen belangrijke kant van het probleem kon tot een bevredigende oplossing worden gebracht (zie Hoofdstuk 7).

Voor vrijwel alle onderzoek, dat onder auspiciën van de W.O.B.A. werd verricht, waren grote hoeveelheden cysten nodig. Deze werden jarenlang door de Plantenziektenkundige Dienst ter beschikking gesteld. De laatste jaren zorgt het I.P.O. voor het benodigde cystemateriaal voor het onderzoek terwijl de Plantenziektenkundige Dienst de veredelaars voorziet van cysten van een groot aantal herkomsten.

Dikwijls ontstonden moeilijkheden bij het onderzoek, omdat men de biologie van *Heterodera rostochiensis* op verschillende punten nog onvoldoende kende. Het was daarom nodig ook enige biologische aspecten van het vraagstuk te bestuderen, zoals bijv. de vermindering van het aantal aaltjes in de grond bij afwezigheid van waardplanten, het al of niet voorkomen van parthenogenese en de invloed van de teelt van resistente aardappelen op de bevolkingsdichtheid van het aardappelcystenaaltje in de grond. De resultaten van dit onderzoek zijn, voor zover reeds bekend, vermeld in Hoofdstuk 1.

Naast het onderzoek, dat in W.O.B.A.-verband geschiedde, is op de Plantenziektenkundige Dienst een uitgebreid onderzoek ingesteld naar het vóórkomen van het aardappelcystenaaltje in Nederland. Als resultaat van dit onderzoek werd bepaald, dat in besmette grond, de verdere teelt van aardappelen voor onbepaalde tijd was verboden, terwijl een 1 op 3 vruchtwisseling was toegestaan op onbesmette percelen.

Dit onderzoek van de Plantenziektenkundige Dienst in Nederland heeft in verschillende andere landen navolging gevonden blijkens een aan dit onderwerp gewijd rapport van het EPPO (European and Mediterranean Plant Protection Organization) getiteld: „*Heterodera rostochiensis* WOLL., Potato root eelworm, 1959”.

Uit deze internationale belangstelling blijkt wel de grote betekenis, die men toekent aan het aardappelcystenaaltje als bedreiger van een rendabele aardappelteelt. Het is verheugend, dat de Stichting voor de Landbouw dit reeds vroegtijdig inzag en door haar initiatief en financiële steun de stoot heeft gegeven tot de in deze publikatie te behandelen veelzijdige onderzoeken in Nederland. Maar zonder de belangrijke financiële bijdragen van de Nationale Raad voor Landbouwkundig Onderzoek T.N.O. en de verschillende samenwerkende instituten zou het onmogelijk zijn geweest een zo uitgebreid onderzoekprogramma op te zetten als thans is geschied.

Dank zij het enthousiasme van de medewerkers aan dit onderzoek zijn veel waardevolle gegevens verkregen.

Het regelmatige contact tussen de leden van de Werkgroep en de uitvoerige gezamenlijke driemaandelijks discussies hebben er toe bijgedragen begrip te wekken voor elkaars problemen. Zodoende konden meer resultaten worden bereikt dan wanneer de onderzoekers individueel en buiten werkgroepverband hun onderzoek hadden verricht. Toch zal nog veel wetenschappelijke arbeid nodig zijn voordat het probleem „aardappelmoetheid” geheel is opgelost.

Dr. J. G. TEN HOUTEN

HOOFDSTUK 1

ONDERZOEK OVER DE BIOLOGIE VAN *HETERODERA ROSTOCHIENSIS*

DOOR

Dr. Ir. J. W. SEINHORST en Ir. H. DEN OUDEN
Instituut voor Plantenziektenkundig Onderzoek, Wageningen

Toen de W.O.B.A. begin 1951 zijn werkzaamheden begon, was reeds vrij veel onderzoek verricht over de biologie van het aardappelcystenaaltje. De levenscyclus was bekend. Men wist, dat het aaltje pas actief wordt bij temperaturen boven 16 °C., dat de ontwikkeling van een in een wortel binnengedrongen larve (fig. 5) tot een met eieren gevuld wijfje (fig. 2) dan ongeveer vier weken duurt en dat er onder natuurlijke omstandigheden maar één generatie per jaar is. De nauwe samenhang, die bleek te bestaan tussen het optreden van aardappelmoehheid (fig. 1) en de veelvuldige teelt van aardappelen op hetzelfde perceel had men kunnen verklaren door het feit, dat in West Europa alleen de aardappel en de tomaat van belang zijn als waardplanten.

Dat de ziekte zeer hardnekkig is, waar ze éénmaal ernstig is opgetreden, bleek te berusten op het vermogen van de eieren van *H. rostochiensis* jarenlang in de cysten (fig. 3) in rust te kunnen blijven. Ze komen echter uit, wanneer ze daartoe geprikkeld worden door een stof afkomstig uit de wortels van een groeiende waardplant. Men was reeds begonnen met pogingen deze stof te isoleren en te identificeren in de hoop, dat ze ter bestrijding van het aaltje aangewend zou kunnen worden.

Ook bepaalde men reeds voor 1951 in z.g. lokproeven het aantal levende larven in cysten door deze te leggen in z.g. aardappelwortel-diffusaat, een waterig extract van grond, waarin aardappelen groeien en dat de lokstof bevat. Deze proeven waren echter in het algemeen nog te primitief van opzet om reproduceerbare resultaten te geven. Er werden vaak te weinig cysten gebruikt, terwijl de proef-duur willekeurig gekozen werd.

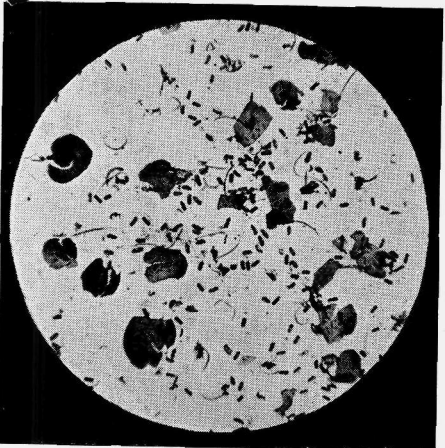
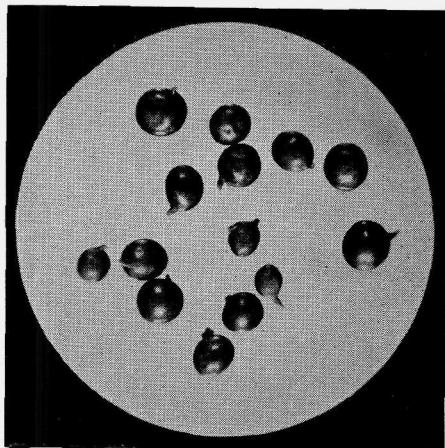
Men was in Engeland echter al begonnen met onderzoek naar het verloop van het uitkomen van geëncysteerde eieren in deze lokproeven en de variabiliteit van de cyste inhoud (FENWICK, 1949, 1951, 1952 zie: WIDDOWSON, 1959). Dit leidde tot een zodanige verbetering van de techniek van deze proeven, dat nu onderlinge vergelijking ervan mogelijk is. Het aantal lokbare larven in een bepaalde hoeveelheid cysten kan nu bepaald worden en de sterkte van aardappelwortel-diffusaat kan in een arbitraire eenheid worden uitgedrukt (zie: WIDDOWSON, 1959). Zowel voor het onderzoek over de chemische bestrijding van het aardappelcystenaaltje als voor dat over de werkzame stof in het aardappelwortel-diffusaat is dit van het grootste belang gebleken.

Over de vermeerdering van het aaltje op aardappelen en de vermindering van de besmetting van de grond bij afwezigheid van waardplanten waren reeds vrij veel waarnemingen gedaan (o.a. OOSTENBRINK, 1950). Wettelijke vruchtwisselingsvoorschriften en teeltverboden waren op deze verkregen kennis gebaseerd. De vermeer-

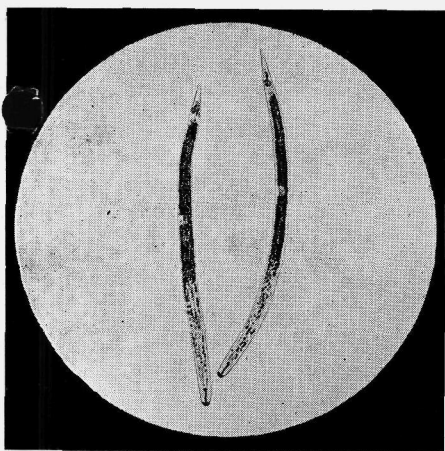
dering bij zeer lage tot matige aantallen aaltjes in de grond was echter onvoldoende bekend en er werd soms te weinig onderscheid gemaakt tussen de vermeerdering en verspreiding in een veld van een van buiten aangevoerde en dus sterk gelokaliseerde besmetting en van een reeds lang aanwezige maar door vruchtwisseling klein geworden aaltjesbevolking. Men vermoedde echter reeds, dat men ook dan niet met een vaste vermenigvuldigingsfactor b.v. 10 kon rekenen. Later onderzoek, zowel in Nederland als daar buiten, bevestigde, dat de vermeerdering van het aaltje op aardappel sterker is naarmate de besmetting van de grond bij het planten geringer is, ook wanneer van schade aan de plant nog geen sprake is (HAGUE en HESLING, 1958). Hieruit kan afgeleid worden, dat ook bij ruime vruchtwisselingen met aardappelen het aardappelcystenaaltje zich kan handhaven en zelfs vermeerderen. Hoe ruimer de vruchtwisseling is, des te lager is echter de bevolkingsdichtheid, die door het aaltje bereikt kan worden en des te langzamer zal ook een van buitenaf ingebrachte besmetting zich uitbreiden. Pas bij zeer ruime vruchtwisselingen (bijv. eens in de zeven jaar aardappelen) mag men verwachten, dat het aaltje zich niet zal kunnen handhaven. Ook over de vermindering van het aantal aaltjes in de grond bij afwezigheid van waardplanten werd voor 1951 reeds veel onderzoek verricht, dat echter voornamelijk betrekking had op de eerste twee jaar na een aangetast gewas aardappelen. Men was hierbij tot de conclusie gekomen, dat deze vermindering gemiddeld op ongeveer 50 % per jaar gesteld kon worden (OOSTENBRINK, 1950). Hoe deze vermindering ontstond was echter niet bekend. Ze werd wel, naar later bleek ten onrechte, voor een belangrijk deel aan de activiteit van aaltjesvijanden toegeschreven.

Het biologisch onderzoek in de W.O.B.A. heeft zich, gedeeltelijk in verband met het nematiciden- en lokstofonderzoek en met het kweken van aaltjes-resistente aardappelen, met verschillende onderwerpen beziggehouden o.a. verbetering van de methoden voor kwantitatief populatieonderzoek, de wijze, waarop het aantal aaltjes in de grond bij afwezigheid van waardplanten afneemt, het al of niet voorkomen van parthenogenese bij *Heterodera rostochiensis*, de invloed van de leeftijd van eieren in de grond op het infectie-vermogen van de daaruit komende larven en de invloed van de teelt van resistente aardappelen op de bevolkingsdichtheid van het aardappelcystenaaltje in de grond.

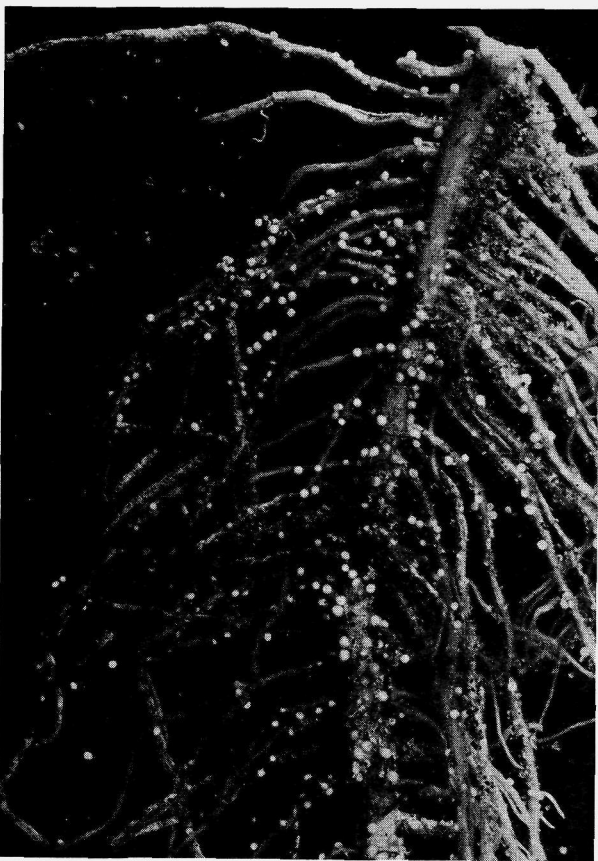
Reeds lang kon men met het Fenwickapparaat nauwkeurig het aantal cysten in grondmonsters bepalen. Veel belangrijker is echter het aantal eieren in deze cysten. Voor de bepaling hiervan behielp men zich met subjectieve en dus weinig nauwkeurige methoden, zoals bepaling van het „aantal cysten met levende inhoud” („viable cysts”) of schatting van het aantal eieren in cysten na stukdrukken. Veel nauwkeuriger resultaten kunnen bereikt worden met door BIJLOO (1956), HUIJSMAN (1957) en in Engeland beschreven methoden (fig. 4). Het belangrijkste element hiervan is, dat de eieren op zodanige wijze uit de cysten worden bevrijd, dat er een homogene suspensie in water van gemaakt kan worden. Het aantal eieren in deze suspensie kan nu door tellingen worden bepaald. In het algemeen bleek het op deze wijze getelde aantal eieren slechts weinig groter te zijn dan het aantal lokbare en infectieuze larven in het materiaal, zowel bij jonge als oude populaties. Een uitzondering hierop vormen echter eieren, die kort te voren met een nematicide gedood zijn. Deze zijn niet van eieren met een levende larve te onderscheiden.



4



5



2

FIG. 2. Aardappelwortel met wijfjes van *H. rostochiensis*.
Potato root with females of *Heterodera rostochiensis*.

Foto Plantenziektenkundige Dienst

FIG. 3. Cysten van *H. rostochiensis*.
Cysts of *Heterodera rostochiensis*.

FIG. 4. Restanten van de cystewand met inhoud der cysten na behandeling volgens de methode van Bijloo.
Empty cyst walls and eggs after treatment of cysts after BIJLOO's method for determining egg content of cysts.

FIG. 5. Larven van *Heterodera rostochiensis*.
Larvae of *Heterodera rostochiensis*.

Het Fenwick apparaat werd in 1960 op het I.P.O. vervangen door een andere methode, die iets sneller werkt en ook verder nog enkele voordelen biedt.

DEN OUDEN (1960a) kon aantonen, dat bij afwezigheid van waardplanten het aantal eieren in de cysten niet continu afneemt, zoals aanvankelijk gedacht werd, maar dat dit in elk geval bij één of twee jaar oude cysten, voornamelijk gebeurt gedurende enkele weken in de voorzomer. De larven komen dan uit 25 % tot 65 % der in de cysten aanwezige eieren zonder daartoe geprikkeld te zijn door stoffen uit plantewortels. Terzelfdertijd vindt men vrij grote aantallen larven in de grond, die binnen enkele weken sterven. Buiten deze korte periode blijft het aantal eieren in de cysten vrijwel constant.

H. rostochiensis plantte zich volgens proeven van DEN OUDEN (1960b) niet parthenogenetisch voort (fig. 6). Wanneer slechts één larve in een wortel binnendrong ontwikkelde deze zich bijna steeds tot een wijfje, maar wanneer meer larven in één wortel voorkomen ontwikkelt een deel zich tot mannetjes (DEN OUDEN, 1960b). In resistente aardappelen komen zeer weinig wijfjes maar nog wel vrij veel mannetjes tot ontwikkeling. Dit onderzoek, dat van grote betekenis is voor het inzicht in het ontstaan en de vermeerdering van nieuwe aaltjesrassen, wordt nog voortgezet.

Kort nadat men in Engeland een ras van het aardappelcystenaaltje ontdekt had, dat zich ook op resistente aardappelen vermenigvuldigt, werd dit ras ook in Nederland gevonden. De weinige cysten, die men op resistente aardappelen kan vinden, behoeven echter niet tot een aaltjesras te horen, dat deze aardappelen sterk kan aantasten. Op resistente aardappelen ontwikkelen zich in besmette grond steeds enkele aaltjes tot cysten met eieren. Volgens HUIJSMAN (in voorbereiding) kan het aaltje bij voortdurende teelt van zeer resistente aardappelen een zeer lage bevolkingsdichtheid handhaven. Dit behoeft echter niet als een bezwaar tegen het telen van deze resistente rassen op besmette grond gevoeld te worden. In de eerste plaats dalen hoge besmettingsgraden er veel sneller door dan bij de verbouw van enig ander gewas en in de tweede plaats schept zelfs continue teelt ervan op besmette grond waarschijnlijk niet meer mogelijkheden voor de instandhouding en de verspreiding van aardappelmoetheid dan de wettelijk voorgeschreven één op drie regeling voor onbesmette grond, zolang tenminste geen aaltjesrassen voorkomen, die de geteelde resistente aardappelen sterk kunnen aantasten. Welk effect vruchtwisseling heeft bij de teelt van resistente aardappelen is niet bekend. Er kan dus niet gevraagd worden hoe ruim deze voor een bepaald resistent ras zou moeten zijn om het aardappelcystenaaltje beneden een bepaald besmettingsniveau te houden of te doen verdwijnen. Meer kennis hierover is gewenst vooral wanneer men door het optreden van nieuwe aaltjesrassen in de toekomst gedwongen zou zijn met een geringere graad van resistentie genoegen te nemen, dan die, welke men nu verkregen heeft tegen het „normale” ras van *H. rostochiensis*.

Aan de populatie-dynamica van het aardappelcystenaaltje zowel bij teelt van vatbare als van resistente aardappelrassen zal daarom in de toekomst nog veel aandacht besteed moeten worden. Men zal hierdoor kunnen komen tot een kwantitatieve aanduiding van de graad van resistentie van een aardappelras o.a. met behulp van de maximum bevolkingsdichtheid van het aaltje, die het aardappelras onder bepaalde omstandigheden in stand kan houden. Tevens zullen hierdoor criteria gevonden kun-

nen worden voor een minimaal noodzakelijke graad van resistentie en de daarbij behorende toelaatbare maximum frequentie van de teelt van resistente rassen op besmette en onbesmette percelen.

Er is de laatste jaren een toenemende belangstelling voor het onderzoek naar het metabolisme van planteparasitaire aaltjes. Daartoe behoort ook het onderzoek naar de oorzaak van de resistentie van planten tegen aaltjes.

DEN OUDEN (1960c) kon een verschil in gehalte aan bepaalde aminozuren aantonen tussen de wortels van vatbare en resistente aardappelen. De resistentie zou samen kunnen hangen met de processen in de plant, die ook het gehalte aan deze aminozuren bepalen. Het is natuurlijk nog niet te zeggen of langs deze weg een bestrijdingswijze te vinden zal zijn, maar in elk geval kan een betere kennis van de voedingsbehoeften van het aaltje en van de wijze, waarop waardplanten en resistente planten hierin al of niet voorzien, bijdragen tot het vinden van wegen en middelen om het aaltje te verhinderen zich op aardappelen te vermeerderen.

LITERATUUR

- BIJLOO, J. D., 1956: Een eenvoudige methode voor het bepalen van de inhoud van grote aantallen cysten van *Heterodera*-soorten. Med. Landb.hogesch. Opz. Sta. Gent **20**: 291-300.
- HAGUE, N. G. AND HESLING, J. J., 1958: Population studies on cystforming nematodes of the genus *Heterodera*. Proc. Linn. Soc. **169**: 86-92.
- HUIJSMAN, C. A., 1957: Veredeling van de aardappel op resistentie tegen *Heterodera rostochiensis* WOLLENWEBER. Med. Stichting voor Pl. Veredeling **14**: 1-85.
- HUIJSMAN, C. A., 1960: The influence of growing eelworm resistant potato varieties of *Heterodera rostochiensis*. In voorbereiding.
- OOSTENBRINK, M., 1950: Het aardappelaaltje (*Heterodera rostochiensis* WOLL.) een gevaarlijke parasiet voor de eenzijdige aardappelcultuur. Versl. Med. Pl.ziektenk. Dienst, No. 115.
- OUDEN, H. DEN, 1960a: Periodicity in spontaneous hatching of *Heterodera rostochiensis* in the soil. Nematologica (Suppl. II 1960): 101-105.
- OUDEN, H. DEN, 1960b: A note on parthenogenesis and sex determination in *Heterodera rostochiensis* WOLL. Nematologica **5**: 215-216.
- OUDEN, H. DEN, 1960c in: J. W. SEINHORST, Verslag van de werkzaamheden van de Nematologische Afdeling. Jaarverslag I.P.O., 1959: 123-124.
- WIDDOWSON, E., 1959: The Conduct of hatching tests in: Plant Nematology, Ministry of Agriculture, Fisheries and Food. Technical Bulletin No. 7, London: Her Majesty's Stationery Office.

ONDERZOEK OVER DE RESISTENTIE VAN AARDAPPELEN TEGEN HET AARDAPPELCYSTENAALTJE

Stichting voor Plantenveredeling, Wageningen

In het volgende zal getracht worden een overzicht te geven van dat, wat over dit onderwerp in de afgelopen tien jaren bekend geworden is.

Aanvankelijk heerste de mening, dat resistentie tegen het aardappelcystenaaltje een slechts zeer zeldzaam voorkomende eigenschap zou zijn. Nader onderzoek heeft echter geleerd, dat dit nogal meevalt. In de cultuurrassen van de Oude- en Nieuwe Wereld wordt geen resistentie van enige praktische betekenis gevonden. Men was dus genooddaakt te gaan zoeken in de primitieve en wilde aardappelvormen, welke groeien in Zuid- en Midden-Amerika, het genencentrum van de aardappel. Pas na een onderzoek van vele jaren vond de Engelse nematoloog ELLENBY (1948) een zeer hoge graad van resistentie in *S. ballsii* (= *S. vernei*) en in enkele lijnen van *S. tuberosum* subsp. *andigena*. Later werd dezelfde eigenschap gevonden in *S. sucrense* (MAI en PATTERSON 1952). Ook daarna is op uitgebreide schaal verder gezocht naar resistente vormen en niet zonder succes. De wens om over meer resistent materiaal te kunnen beschikken is aanleiding geweest voor het uitzenden van verschillende verzamel-expedities naar Zuid-Amerika.

Tot nu toe is de begeerde eigenschap gevonden in de volgende soorten:

- | | | |
|-------|------|---|
| Serie | VII | <i>Circafolia: S. capsicibaccatum.</i> |
| „ | XIV | <i>Polyadenia: S. polyadenium.</i> |
| „ | XVI | <i>Megistacroloba: S. megistacrolobum.</i> |
| | | <i>S. sancta-rosae.</i> |
| „ | XVII | <i>Tuberosa: S. kurtzianum, S. multidisectum, S. neohawkesii,</i>
<i>S. vernei, S. sucrense, S. tuberosum subsp. andigena.</i> |

Men mene nu niet, dat elke plant of herkomst van één van de in de lijst voorkomende soorten resistent is. Dit is geenszijs het geval. Zo werd in Wageningen gevon-

den, dat slechts één op de 200 *andigena*-herkomsten uit het grensgebied van Noord-Bolivia en zuidelijk Peru resistent is. Deze verhouding geldt alleen voor *andigena*-herkomsten uit deze streek; honderden uit andere streken van Zuid-Amerika zijn onderzocht zonder enig succes.

Na 1950 zijn verscheidene expedities naar Zuid-Amerika uitgezonden om aardappelmateriaal te verzamelen. Met het doorzoeken van de bijeengebrachte collecties naar waardevolle eigenschappen is men nog steeds bezig. Zonder twijfel zullen in de naaste toekomst daarin nog belangrijke vondsten worden gedaan. Het zal uit het komende blijken, dat het zeker zinvol is om door te gaan met het zoeken naar nieuwe bronnen van resistentie tegen aardappelmoeheid.

DE AARD VAN DE RESISTENTIE

Voor al bij de soort *S. tuberosum* subsp. *andigena* is uitvoerig onderzoek verricht naar de aard van de resistentie. Daarbij is gebleken, dat de wortels van resistente planten evenveel lokkend wortelsecreet afscheiden als die van vatbare planten. Talrijke larven dringen de wortels binnen. Er ontwikkelen zich vrij veel mannetjes (ongeveer 30 % van het aantal mannetjes in vatbare planten), maar slechts enkele larven ontwikkelen zich tot wijfjes. Het is merkwaardig, dat deze enkele wijfjes dan cysten vormen met talrijke eieren. Over de oorzaken van het sterven van de binnengedrongen larven is nog niets met zekerheid bekend.

Sommige onderzoekers menen in bepaalde *Solanum* soorten resistent materiaal gevonden te hebben, waarvan de wortels geen lokstof afscheiden. Onderzoek te Wageningen kon dit niet bevestigen. Hier werd steeds gevonden dat ook de resistente soorten lokstof afscheiden. Dat de verschillende onderzoekers niet met hetzelfde plantmateriaal van die soort gewerkt hebben, zou de oorzaak van dit verschil van mening kunnen zijn.

De nu bekende resistente planten ondervinden alle enige schade van de binnendringende larven: ze zijn dus gevoelig voor aardappelmoeheid. Deze gevoeligheid van het resistente materiaal is voor Nederland echter niet van belang, daar hier over het algemeen slechts gronden met een lage besmettingsgraad voorkomen. De graad van tolerantie is dus niet zeer hoog, wel echter de graad van resistentie. Immers slechts zeer weinig cysten komen op de wortels van het resistente materiaal tot ontwikkeling vergeleken met de aantallen, welke zich op de wortels van vatbare aardappelen vormen.

De eigenschap onvatbaarheid, welke inhoudt, dat geen lokstof wordt afgescheiden en geen aaltjes de wortels binnendringen, is tot op heden nimmer in knolvormende *Solanaceae* gevonden.

Uit de gegeven beschrijving van de aard van de resistentie volgt, dat verbouw van resistente aardappellassen op besmette grond een daling van de besmettingsgraad tot gevolg moet hebben: vele larven worden uit de cysten gelokt en sterven in de wortels van het gewas. Onderzoekingen hebben aangetoond dat bovengenoemde daling zeer aanzienlijk is. Deze kan 70-90 % van de aanvangsbesmetting bedragen, wanneer voor de eerste maal een resistent ras op een besmette akker wordt verbouwd. Deze daling is veel groter dan die, welke optreedt bij verbouw van een ander gewas dat onvatbaar

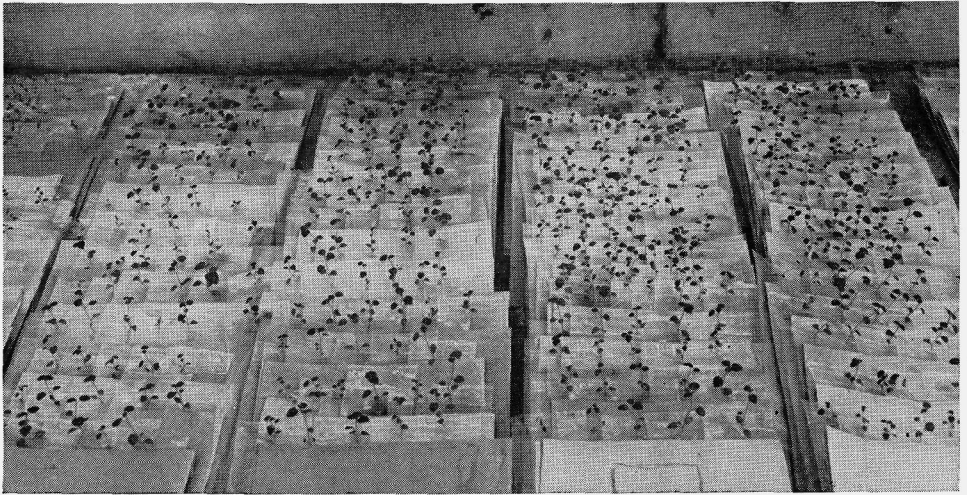


FIG. 6. Tablet met aardappelzaailingen in schuimagarplaatjes elk geïnoculeerd met één larve van *H. rostochiensis*.
Greenhouse bench with potato seedlings in agar plates, each inoculated with one larva of Heterodera rostochiensis.



FIG. 7. Bloeiende scheut van *Solanum vernei*. / *Flowering shoot of Solanum vernei.*

is voor het aardappelcystenaaltje; daar bedraagt de daling slechts 30–50 % van de aanvankelijk aanwezige populatie.

Recente onderzoeken (HUIJSMAN, in druk) maken het echter waarschijnlijk, dat voortdurende verbouw van resistente rassen op besmette grond toch niet zal leiden tot uitroeiing van de parasiet. Een zeer lichte besmetting zal blijven bestaan. De oorzaak hiervoor moet worden gezocht in het verschijnsel, dat ook bij een zeer lage besmettingsgraad zich enkele cysten vormen op de wortels van resistente planten. Het onderzoek naar het gedrag van resistente aardappelsoorten bij een laag niveau van besmetting is nog nauwelijks begonnen. Verwacht wordt echter, dat de resultaten van dit onderzoek ook voor de veredeling van groot belang zullen worden, omdat in Nederland het besmette terrein over het algemeen zeer licht geïnfecteerd is.

DE OVERERVING VAN DE RESISTENTIE

Het spreekt vanzelf, dat de kennis van de wijze van overerving van de resistentie bij de verschillende soorten zeer belangrijk is. Immers eerst de kennis daarvan maakt het mogelijk om een veredelingsprogramma voor het verkrijgen van resistente rassen op te stellen.

Het is tot nu toe gebleken, dat resistentie tegen het aardappelcystenaaltje steeds dominant overerft. Dat wil zeggen, dat bij kruising van een resistente vorm met een vatbare, een deel van het nageslacht – de F_1 -generatie, of kortweg de F_1 genoemd – deze eigenschap ook bezit. Uit de verhouding tussen de aantallen resistente en vatbare planten in zo'n F_1 kunnen dan conclusies worden getrokken over de aantallen dominante genen, die het effect induceren. Zo is bekend geworden, dat bij de *andigena* CPC 1673 de resistentie berust op één gen, bij *S. kurtzianum* op twee polymere genen.

Bij deze soorten was het erfelijkheidsonderzoek gemakkelijk uitvoerbaar, omdat in de kruisingspopulaties slechts twee klassen van zaailingen worden aangetroffen, nl. een klasse van zaailingen, welke geen of slechts enkele cysten op hun wortels vertonen en een, waarvan de zaailingen zwaar met cysten zijn bezet. Overgangstypen komen niet voor. Alle zaailingen kunnen dus in een van beide klassen worden ingedeeld en de verhouding tussen de aantallen kan worden berekend. Bij andere resistente soorten, met als belangrijkste representant *S. vernei*, ziet men echter in de kruisingspopulaties een ander verschijnsel. Elke zaailing is daar bezet met cysten en elk aantastingsbeeld van bijna geen cysten tot zware aantasting kan worden aangetroffen. In dit geval is het niet mogelijk de zaailingen in klassen in te delen. Het mechanisme van de overerving is hier zeker niet eenvoudig! Het ligt niet in de lijn van dit artikel om uitvoerig op deze problemen in te gaan. Opgemerkt zij slechts, dat het type overerving, zoals dit bij *S. vernei* voorkomt, de kweker van resistente rassen voor grote praktische moeilijkheden plaatst.

BIOLOGISCHE RASSEN VAN HET AARDAPPELGYSTENAALTJE

Bij de meeste veredelingsprojecten op ziekte-resistentie heeft men de bittere ervaring opgedaan, dat de resistentie geen bescherming voor altijd biedt tegen de parasiet. Deze parasieten nl. zijn genetisch niet homogeen en er blijken steeds vormen van

te bestaan, welke zich in het resistente materiaal kunnen vermeerderen. Als deze vormen aanvankelijk nog slechts zeer sporadisch voorkomen, dan zal het gebruik van de „resistente” rassen spoedig een sterke vermenigvuldiging daarvan tot gevolg hebben. Morfologisch zijn deze „resistentie-brekers” niet te onderscheiden van de onschuldige vormen van de parasiet. Ze onderscheiden zich daarvan slechts door hun levensverrichtingen. Men spreekt van biologische rassen.

Ook bij het aardappelvystenaaltje heeft men dergelijke rassen gevonden (DUNNETT, 1957). Sommige herkomsten van cysten bevatten larven, welke zich sterk in het resistente materiaal, dat van *S. tuberosum* subsp. *andigena* CPC 1673 is afgeleid, kunnen vermenigvuldigen. Internationaal is men overeengekomen dergelijke herkomsten aan te duiden als het ras B; herkomsten, welke zich in dit materiaal niet kunnen vermeerderen, noemt men ras A.

Schrijver dezes vond, dat in Nederland ongeveer 25 % van de cystenherkomsten tot het ras B behoren. Op velden, besmet met dit ras, kan de verbouw van de nu aanwezige resistente aardappelrassen dus gevaaren opleveren. Deze gevaren moeten evenwel niet overschat worden. Vooral niet nu de Plantenziektenkundige Dienst te Wageningen enige maatregelen heeft ingevoerd, welke de teelt van de resistente rassen enigszins beperken.

Het betrekkelijk hoge percentage herkomsten van het ras B in Nederland is een aansporing geweest om door te gaan met het zoeken naar nieuw resistent materiaal.

Door de onderzoeken van DEN OUDEN (1960) staat het nu wel vast, dat het aardappelvystenaaltje zich slechts geslachtelijk kan voortplanten. Van parthenogenese is geen sprake. Er moet daarom gerekend worden op een zeer grote genetische variabiliteit van dit aaltje. En inderdaad zijn hier al vele aanwijzingen voor gevonden. Zo is het mogelijk aaltjesrassen te onderscheiden naar hun gedrag ten aanzien van een toetssortiment, dat thans reeds de volgende soorten omvat: *S. famatinae*, *S. tuberosum* subsp. *andigena* CPC 1673 en 1685, *S. nigrum*, *S. kurtzianum* en *S. vernei*. Men mag aannemen, dat men in de toekomst nog meer rassen van het aaltje zal leren kennen, naarmate meer resistente vormen in het onderzoek worden betrokken.

De betekenis van deze kennis voor de veredeling is deze, dat het niet meer voldoende is te weten, dat een bepaalde soort resistent is tegen een bepaalde herkomst van het aaltje. Wil men een soort gaan gebruiken als basis voor een veredelingsprogramma, dan is het noodzakelijk eerst te gaan onderzoeken in welke mate de resistentie in deze soort bescherming geeft tegen het aaltje in zijn totale genetische variabiliteit! Het spreekt wel vanzelf, dat deze noodzaak de onderzoeker dwingt tot een omvangrijk toetsingswerk, alvorens met de veredeling kan worden begonnen.

In Nederland is een collectie cysten van honderden verschillende herkomsten bijeengebracht (door KORT van de Plantenziektenkundige Dienst te Wageningen). Deze collectie maakt het de veredelaar mogelijk zijn materiaal te toetsen op de wijze, zoals die thans noodzakelijk wordt geacht.

Een resistente diploide soort *S. kurtzianum* bleek bijv. resistent te zijn tegen ongeveer 75 % van vele herkomsten van het ras B en tegen meer dan 95 % van vele herkomsten van het ras A. Op grond van de uitkomst van dit onderzoek lijkt het verantwoord *S. kurtzianum* op te nemen in het veredelingsprogramma.

Volgens buitenlandse onderzoekers zou *S. vernei* (fig. 7) resistent zijn tegen alle

herkomsten van het aardappelcystenaaltje. Deze bewering wordt nu met behulp van bovengenoemde collectie cysten nader getoetst. Zou de uitslag gunstig zijn, dan zou *S. vernei* dus een resistentie bezitten, welke een volledige bescherming tegen de parasiet geeft. Helaas blijkt de wijze van overerving hiervan moeilijkheden bij de veredeling op te leveren. Deze moeilijkheden zijn echter niet van dien aard, dat er plaats is voor pessimisme. In ieder geval zijn de Nederlandse aardappelkwekers reeds voorzien van vrij ver veredeld materiaal, zowel van *S. kurtzianum* als van *S. vernei*.

Uit het bovenstaande volgt, dat hoewel op het gebied van de veredeling op resistentie reeds grote vorderingen zijn gemaakt, nog zeer veel werk zal moeten worden verricht. Zeker lijkt het noodzakelijk verder te speuren naar nieuw uitgangsmateriaal voor de veredeling, dat ons kan helpen in de strijd tegen deze parasiet, welke een zo grote genetische variabiliteit bezit. Zonder uitzicht is dit werk zeker niet. De gebondenheid van de parasiet aan de grond laat slechts een langzame verspreiding van de aaltjesrassen toe; nieuw resistent materiaal behoeft daardoor niet in wedloop met de tijd te worden ontwikkeld. De door verschillende expedities bijeengebrachte collecties van wild en primitief materiaal uit Zuid- en Midden Amerika bieden een nieuwe mogelijkheid tot verder onderzoek.

LITERATUUR

- DUNNETT, J. M., 1957: Variation in pathogenicity of the potato root eelworm (*Heterodera rostochiensis* WOLL.) and its significance in potato breeding. *Euphytica* **6**: 77-89.
- ELLENBY, C., 1948: Resistance to the potato root eelworm. *Nature* **162**: 704.
- ELLENBY, C., 1952: Resistance to the potato root eelworm *Heterodera rostochiensis* WOLLENWEBER. *Nature* **170**: 1016.
- HUIJSMAN, C. A., 1957: Veredeling van de aardappel op resistentie tegen *Heterodera rostochiensis* WOLLENWEBER. Med. Stichting voor Plantenveredeling **14**: 1-85.
- HUIJSMAN, C. A., The influence of growing resistant potato varieties on populations of *Heterodera rostochiensis*. *Nematologica* (in press).
- MAI, W. F. & PATTERSON, L. C., 1952: Resistance of *Solanum ballsii* and *Solanum sucrense* to the golden nematode, *Heterodera rostochiensis* WOLLENWEBER. *Science* **116**: 224-225.
- OUDEN, H. DEN, 1960: A note on parthenogenesis and sex determination in *Heterodera rostochiensis* WOLLENWEBER. *Nematologica* **5**: 215-216.
- TOXOPEUS, H. J. & HUIJSMAN, C. A., 1952: Genotypical background of resistance to *Heterodera rostochiensis* in *Solanum tuberosum* var. *andigenum*. *Nature* **170**: 1016.

HOOFDSTUK 3

HET KWEKEN VAN AALTJES RESISTENTE AARDAPPELRASSEN OP BASIS VAN *SOLANUM ANDIGENUM*

DOOR

Dr. H. J. TOXOPEUS en Dr. Ir. C. A. HUIJSMAN

Instituut voor de Veredeling van Landbouwgewassen Wageningen
Stichting voor Plantenveredeling, Wageningen

INLEIDING

De gedachte de aardappelmoeheid te bestrijden door het kweken van resistente rassen is even oud als de onderkenning van deze plaag als een ernstige bedreiging van de aardappelcultuur. Eerst in 1948 werd door de Engelse nematoloog ELLENBY een hoge graad van resistentie gemeld in *Solanum ballsii*¹ als oogst van jarenlang speurwerk.

De mogelijkheden tot intensivering van het onderzoek, welke bij de oprichting van de W.O.B.A. in het vooruitzicht konden worden gesteld, waren aanleiding om eind 1950 bij de leiding van de Commonwealth Potato Collection te Cambridge te informeren naar de resultaten van het verdere toetsingswerk. In antwoord daarop deelde men ons mede, dat door ELLENBY in een viertal klonen van *S. andigenum*² eveneens een zeer veelbelovende graad van resistentie was waargenomen. Gelijktijdig met deze mededeling werden van drie daarvan enkele tientallen zaden van zelfbestuivingen gezonden, met het verzoek, daaruit zaailingen te willen opkweken en op resistentie te onderzoeken. Het zaad werd ons zonder enige restrictie ter beschikking gesteld. Dit onderzoek vond in 1951 plaats en de resultaten bevestigden die van ELLENBY. Op grond van de gegevens kon toen reeds het vermoeden worden uitgesproken, dat de gevonden resistentie dominant zou zijn en op één erfaktor zou berusten.

De hoge graad van resistentie, de gunstige wijze van overerving en het feit, dat *S. andigenum* zeer na aan *S. tuberosum* verwant is wekte hooggespannen verwachtingen.

Het werk met *S. ballsii* en met enige andere inmiddels resistent bevonden soorten, dat reeds was aangevangen, werd sterk ingekrompen om zoveel mogelijk aandacht te kunnen besteden aan het *andigenum*-project.

ONTWIKKELING VAN HET „*andigenum*” KWEEKWERK

De in 1951 opgekweekte zaailingen bloeiden te laat in het seizoen om er nog enige kruisingen mede te kunnen maken. Uit de geoogste knollen konden in 1952 een flink aantal resistente planten worden opgekweekt voor de uitvoering van een omvangrijk kruisingsprogramma.

¹ *S. ballsii* is identiek met *S. vernei* (zie Hoofdstuk 2).

² Met *S. andigenum* worden gemakshalve de gezamenlijke rassen van *S. tuberosum*, voorkomende in Zuid-Amerika, aangeduid, strikt genomen zou men moeten spreken van *S. tuberosum* subspecies *andigena*.

Geheel volgens de verwachtingen werden bij dit kruisingswerk geen moeilijkheden ondervonden. Bij het uitstippelen van het kruisingsprogramma waren we ons reeds scherp bewust, dat daarmee mogelijk een grondslag werd gelegd voor de ontwikkeling van een groot en zich snel ontplooiend veredelingswerk. Daarom zijn reeds direct kruisingen voor verschillende richtingen gemaakt: als basis voor het kweken van fabrieksrassen werden Record, Capella en Maritta gekozen, terwijl Furore werd gebruikt als grondslag voor de ontwikkeling van consumptierassen, Sirtema en Katahdin voor het verkrijgen van de exportrassen.

Deze kruisingen tussen resistente *andigenum* planten en vatbare aardappelrassen leverden ons duizenden zaden. In het volgende zullen de daaruit op te kweken hybriden worden aangeduid als de AT-generatie. Een onderzoek gedurende de winter 1952/53 bevestigde het vermoeden, dat het percentage resistente AT-planten minstens 50 zou bedragen. Op grond van dit gegeven werd besloten in het seizoen 1953 vele duizenden zaailingen op te kweken, waaronder er dan mogelijk al enkele zeldzame zouden kunnen worden gevonden, die voldoen aan de talloze andere eisen, die aan een goed aardappelras moeten worden gesteld.

Om gezond pootgoed te verkrijgen voor de voortzetting van het onderzoek werden de zaailingen, voor zover ze op het veld stonden, vroeg gerooid. Een deel echter lieten we uitrijpen om een indruk van de landbouwkundige waarde te kunnen krijgen. De voorlopige conclusie was, dat er onder de AT's vermoedelijk geen zaailingen zouden voorkomen, welke reeds voor de praktijk geschikt zijn. De stolonen bleken veelal te lang te zijn; het aantal knollen te groot en de knollen zelf te klein. De productiecapaciteit liet echter niets te wensen over, evenmin als de knolvorm. Verwacht mocht worden, dat door verdere kruising van de beste AT-hybriden met aardappelrassen, zaaisels zouden kunnen worden verkregen, waarin wel zaailingen van het gewenste niveau voorkomen.

De ervaring heeft geleerd, dat naarmate de AT-hybriden scherper op landbouwkundige waarde worden geselecteerd, het niveau van de zaailingen van de kruising tussen deze AT-ouders en rassen – de eerste terugkruising, door ons in het vervolg ATT-generatie genoemd – hoger ligt. Om de beste AT-ouders voor de kruisingen uit te kunnen zoeken zijn echter waarnemingen nodig, die zich over enkele jaren uitstrekken. Daarop kon bij de verdere uitvoering van het veredelingswerk niet worden gewacht. Reeds in 1953 werden daarom aan een reeks resistent bevonden AT-planten kruisingen uitgevoerd, zonder dat daarvan de landbouwkundige waarde bekend was en in de verwachting, dat er daaronder wel enkele goede zouden voorkomen. Bij de oogst van de ATT-zaaisels in 1954 werden we in deze verwachting niet teleurgesteld. De meeste van de nu reeds op vrij grote schaal geteelde resistente rassen zijn trouwens uit dit ATT-zaad ontstaan.

Door de bovengenoemde activiteiten was men in wijde kring op de hoogte gesteld van de mogelijkheden, welke in het kweken van AM¹-resistente rassen liggen, met het gevolg, dat er grote belangstelling ontstond voor het materiaal, dat de Stichting voor Plantenveredeling (S.V.P.) de particuliere kwekers beschikbaar stelde.

Aanvankelijk bestond dit uit knollen van resistente AT-zaailingen voor het uitvoeren van eigen kruisingswerk, doch reeds in het voorjaar van 1954 konden, dank zij

¹ AM staat voor aardappelmoeheid.

het werk, onder leiding van ir. THIJN verricht op het aardappelveredelingsbedrijf van de S.V.P. (Prof. Brockema Hoeve, Marknesse), ongeveer 100.000 zaden van de ATT-generatie worden verstrekt.

In de loop der jaren is het zwaartepunt van het veredelingswerk steeds meer van Wageningen naar het bedrijf in de N.O.P. verschoven. Werden aanvankelijk nog zaden verstrekt van de ATT-generatie, waarbij van de landbouwkundige waarde van de resistente AT-ouderplant niets bekend was, elk jaar nam de kwaliteit van het verstrekte kweekmateriaal toe, doordat het mogelijk werd kruisingen te maken met steeds scherper geselecteerde AT-zaailingen en later zelfs met scherp geselecteerde ATT-zaailingen.

Een overzicht van het aan de Plantenziektenkundige Dienst ter toetsing aangeboden materiaal en van het kruisingszaad, dat op het aardappelveredelingsbedrijf van de S.V.P. is verstrekt of opgekweekt leert, dat in 1955 in hoofdzaak nog kruisingen van het type AT $\times$ T werden gemaakt, maar dat daarna en nog steeds voornamelijk ATT-ouders worden gebruikt, zodat in de toekomst in hoofdzaak AT³ materiaal op de proefvelden zal komen.

In stijgende mate werd aandacht besteed aan het inkruisen van andere waardevolle eigenschappen in het resistente materiaal, zoals resistentie tegen *Phytophthora infestans* en tegen verschillende virusziekten. Uit onderzoek van Ir. WIERSEMA bleek, dat onder de oorspronkelijke *andigenum* zaailingen planten voorkwamen met immuniteit tegen het X-virus. Als gevolg daarvan wordt deze eigenschap veelvuldig in de gevorderde kruisingsproducten aangetroffen.

Geheel volgens de richtlijnen voor de samenwerking tussen de particuliere kwekers van nieuwe aardappelrassen en de S.V.P. wordt door deze instelling slechts materiaal (zaad of knollen) geleverd, dat steeds op een zodanig peil van veredeling staat, dat daaruit door selectie reeds waardevolle rassen zullen kunnen worden verkregen. Het eigenlijke uitkiezen, de selectie, van de rassen wordt geheel aan de kweker toevertrouwd, die daarbij door het Instituut voor Rassenonderzoek (I.V.R.O.) wordt terzijde gestaan.

De mogelijkheden van de veredeling op AM-resistentie waren aanleiding tot een initiatief in de Veenkoloniën, dat resulteerde in de oprichting op 24 maart 1954 van de Vereniging Kweekinstituut van Aardappelen t.b.v. de Nederlandse Aardappelmeelindustrie „KARNA”. Dit instituut beschikt thans over een groot en modern geoutilleerd kweekbedrijf te Valthermond.

De toetsing op resistentie van al het door de kwekers geselecteerde materiaal wordt reeds vele jaren verricht door de Plantenziektenkundige Dienst onder leiding van Ir. VAN LOOKEREN CAMPAGNE. Veelal wordt dit onderzoek gecombineerd met toetsing op resistentie tegen wratziekte.

TOETSING VAN DE GESELECTEERDE ZAAILINGEN OP HUN LANDBOUWKUNDIGE WAARDE

Zoals gebruikelijk, wordt door de kwekers van nieuwe aardappelrassen in het vijfde jaar, gerekend van het opkweken van de planten uit zaad, een bepaald aantal knollen van hun meest waardevolle nummers aan het Instituut voor Rassenonderzoek voor

beproeving op praktijkwaarde aangeboden. Deze instelling heeft daarvoor een bepaald programma en de uitkomsten van deze toetsingen moeten dienen om het de Rijkscommissie voor de Samenstelling van de Rassenlijst mogelijk te maken haar keuze te bepalen. Gemiddeld verloopt er tussen de uitzaai van het zaad en het plaatsen van de zaailing op de Rassenlijst een periode van omstreeks 12 jaren.

Indien er al onder het oudste ATT-materiaal zaailingen zouden voorkomen, die deze zware toets met succes zouden kunnen doorstaan, dan nog zouden er pas omstreeks 1966 voor het eerst resistente rassen voor het pootgoedverkeer vrij kunnen worden gegeven. Vele jaren eerder zou echter pootgoed beschikbaar kunnen zijn van resistente rassen, die weliswaar niet aan zeer hoge eisen zouden voldoen, maar die toch de boeren in staat zouden stellen aardappelen op besmet verklaard terrein te planten.

Op aandrang vooral van de Drentse aardappeltelers is in overleg met de betrokken instanties door het I.V.R.O. de mogelijkheid tot versnelde toetsing opengesteld met het gevolg, dat in 1957 reeds een groot aantal nummers vervoegd op de proefvelden werd toegelaten. De toetsing van dit materiaal liet de keuze van een aantal veelbelovende klonen toe, die door de Rijkscommissie voor de Samenstelling van de Rassenlijst voor Landbouwgewassen op een zgn. interne AM-lijst werden geplaatst. Voor de daarop geplaatste zaailingen werd een ruimere praktijkbeproeving mogelijk gemaakt, door de grens van 20.000 kg te laten vervallen mits aan bepaalde, door de N.A.K. en de Plantenziektenkundige Dienst te stellen voorwaarden zou zijn voldaan.

De eerste AM-lijst kwam uit in 1958 met 13 nummers; daaraan zijn er in 1959 zes en in 1960 weer vijf toegevoegd. Enkele zijn inmiddels weer afgeschreven, zodat op de lijst van 1960 25 rassen voorkomen, waarvan er 20 als fabrieksrassen geschikt worden geacht en 5 voor de consumptie. Naar rijptijd varieert het materiaal van middenvroeg tot zeer laat. Alle behoren tot het ATT-type; 19 zijn afkomstig van het eerste in 1953 gewonnen kruisingszaad, 4 van de zaadoogst 1954 en 3 van 1955.¹

In de jaren 1957 tot en met 1959 werden door het I.V.R.O. ongeveer 180 nummers op een vijftal proefvelden in onderzoek genomen. Bij de keuze van toekomstige fabrieksrassen werd als minimum eis gesteld een zetmeelopbrengst gelijk aan die van Voran.

In 1960 stonden, behalve de 25 reeds op de AM-lijst geplaatste rassen, nog 59 nader te onderzoeken nummers op de proefterreinen. Dit materiaal behoort ook nog tot het ATT-type.

De jongere zaailingen echter, die nog niet voor beproeving zijn aangeboden en nog bij de kwekers berusten, zijn voor een groot gedeelte uit AT³ zaad opgekweekt.

In de loop van het toetsingswerk konden geleidelijk aan de eisen worden opgevoerd, als gevolg van de jaar op jaar stijgende kwaliteit van de gebruikte resistente kruisingsouders. Op het ogenblik staat het I.V.R.O. op het standpunt, dat het niet meer nodig is enig verschil te maken tussen de AM-rassen en het overige voor plaatsing op de rassenlijst in onderzoek gegeven materiaal. De rassen die reeds op de AM-lijst staan worden nu op de normale wijze onderzocht en zullen indien ze aan de eisen voldoen in de gewone rassenlijst worden opgenomen.

¹ De A.M.lijst 1961 kwam bij het ter perse gaan ter beschikking. Daarin zijn 17 fabrieksrassen en 6 consumptierassen vermeld. Eén nieuw nummer is daarin opgenomen terwijl er twee andere zijn afgevoerd.

DE TEELT VAN AM POOTGOED

Door het plaatsen van een aantal rassen op de AM-lijst werd het voor de pootgoed-telers – in dit geval meestal tevens de kwekers van het AM-ras – aanlokkelijk over te gaan tot de teelt van pootgoed voor levering aan bedrijven met besmet verklaarde gronden.

Bij de teelt van dit pootgoed werden allerlei kunstgrepen toegepast en als gevolg van deze geforceerde vermeerdering konden in 1960 met enkele rassen reeds vrij grote oppervlakken worden beplant. In totaal besloeg de teelt van AM-rassen op besmet terrein dat jaar ruim 200 ha.

Voor de produktie van pootgoed werden in 1960 120 ha voor de keuring door de N.A.K. aangegeven. Helaas moest daarvan door de sterke verbreiding van het nieuwe Y-virus in 1959 een zeer groot gedeelte voor de verhandeling als pootgoed worden afgekeurd en in de klasse E.G. (eigengebruik) worden ondergebracht. De AM-rassen zijn blijkbaar vrij vatbaar voor dit nieuwe virus, terwijl het wel waarschijnlijk moet worden geacht, dat door de geforceerde vermeerdering van het pootgoed dit virus een extra kans op verbreiding heeft gekregen.

Voor de kwekers van nieuwe AM-rassen ligt hier een belangrijk terrein voor verdere veredeling van hun materiaal braak. Ook het plaatselijk voorkomen van rassen van het aardappelcystenaaltje, die zich op de wortels van de AM-rassen kunnen vermeerderen eist een nieuwe aanpak.

ONDERZOEK OVER DE BIOLOGISCHE BESTRIJDING EN INVLOED VAN ORGANISCHE BEMESTING

DOOR

Dr. P. A. VAN DER LAAN*

Laboratorium voor Fytopathologie, Wageningen

De uitgangspunten van dit onderzoek waren de volgende:

1. Door A. PH. WEBER was in 1950 een amoeboid organisme gevonden dat de larven van het aardappelpycystenaaltje aanviel, omgaf en verteerde (WEBER, ZWILLENBERG & VAN DER LAAN 1952). Deze „amoebe” kan in korte tijd grote aantallen larven verdelgen, zoals bleek tijdens proeven met het lokken der larven met chemische middelen.
2. Na voorafgaand onderzoek van anderen, hadden Franse onderzoekers (DESCHIEENS *et al.*) in 1939-'42 interessante waarnemingen gedaan over aaltjesvangende schimmels in potproeven met *Begonia*'s. Deze schimmels vangen de aaltjes met speciale organen, met lussen of kleverige knopjes.
3. OOSTENBRINK had bij veeljarige vruchtwisselingsproeven met verschillende bemesting aanwijzingen gevonden, dat toediening van stalmest een minder snelle ontwikkeling van het aardappelpycystenaaltje ten gevolge had, dan gebruik van kunstmest. Stalmest zou dus een gunstige invloed hebben op gronden, die met het aardappelpycystenaaltje besmet waren.

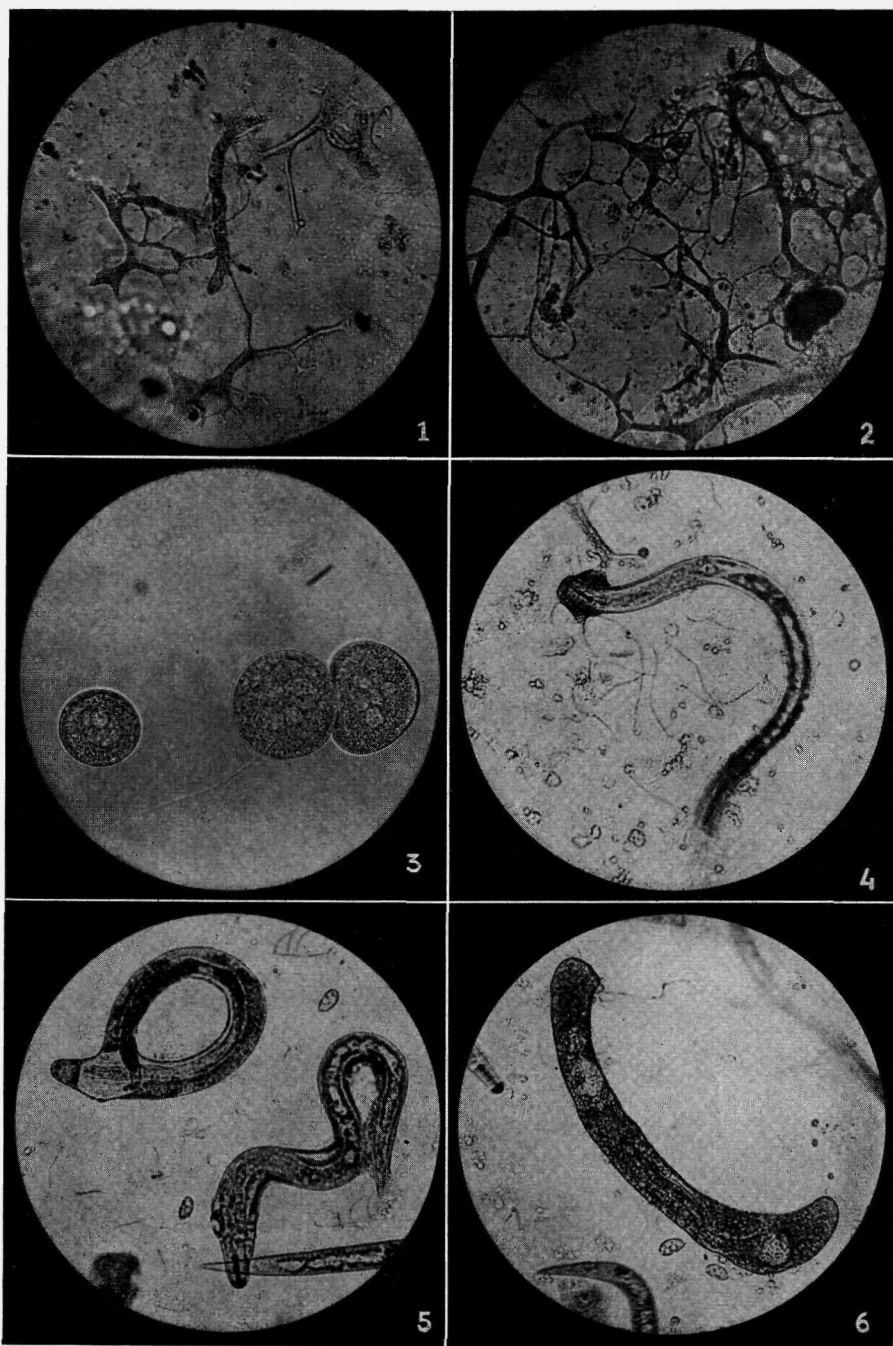
Elk dezer facetten werd nader onderzocht, waarbij vooral de praktische mogelijkheden onder ogen werden gezien.

AMOEBOID ORGANISME

Door L. O. ZWILLENBERG (1953) werd het amoeboide organisme beschreven onder de naam *Theratomyxa weberi*. Het gelukte deze protozoe in het laboratorium te kweken, waardoor tal van nadere bijzonderheden bekend werden. Vele individuen kunnen zich verenigen tot grote netwerken, die duizenden aaltjes-larven in een paar dagen kunnen verteren. Het bleek, dat de „amoebe” ook in staat is de cyste binnen te dringen, en ruststadia van de „amoebe” werden zelfs in de lege eidoppen van het aaltje gevonden (fig. 8). Het leek dus aanvankelijk, dat deze „amoebe” een belangrijke bondgenoot in onze strijd tegen de aardappelmoeheid kon worden.

De „amoebe” bleek echter vrijwel alle kleine soorten aaltjes, die in de grond voorkomen, aan te tasten. Vele ervan zijn onschuldig of zelfs nuttig, en komen talrijker voor dan de larven van het aardappelpycystenaaltje. Toch is deze „amoebe” slechts sporadisch in de grond te vinden: ze is zeer gevoelig voor droogte en dient blijkbaar zelf als prooidier van talrijke andere organismen.

* Thans lector in de toegepaste entomologie aan de Universiteit van Amsterdam.



Om de mogelijkheid van praktische toepassing nader te onderzoeken, werden grote hoeveelheden „amoebe” in potten met grond, waarin ook aardappelpcystenaaltjes aanwezig waren, gebracht. Deze proeven hadden alle een teleurstellend verloop. Weliswaar werd de „amoebe” teruggevonden in de grond, maar van een noemenswaardige achteruitgang van de aaltjespopulatie was geen sprake. Helaas moest dus geconstateerd worden, dat dit overigens zeer interessante organisme geen uitzichten biedt voor een praktische bestrijding van het aardappelpcystenaaltje.

PARASITAIRE SCHIMMELS

Meer belovend leken de schimmels. Bij het onderzoek werd echter reeds vrij spoedig afgeweken van het uitgangspunt. De schimmelsoorten, die met lussen en kleeftknoppen aaltjes vangen, vernietigen slechts de vrij beweeglijke aaltjes in de grond, maar aaltjes en eieren binnen de cysten werden niet aangetast. Aangezien het grootste gevaar bij het aardappelpcystenaaltje juist gelegen is in de aanwezigheid van cysten met levende inhoud in de grond, leek het ons toe, dat nader onderzoek van deze groep schimmels weinig uitzicht zou bieden. Wij waren het in dit opzicht niet eens met DUDINGTON, die onder andere in zijn boekje „The friendly Fungi” verwachtingen wekt van het toepassen van deze schimmels.

Wij hebben ons daarentegen vrij spoedig geconcentreerd op de bestudering van een andere groep schimmels, die wel de cysten binnendringen, daar de eieren der aaltjes omgroeien en uitzuigen, zodat de larven reeds in de cysten sterven (fig. 9, 10, 11, 12). Enige van deze schimmels waren reeds vroeger door anderen beschreven, en een aantal andere soorten konden wij isoleren uit de cysten. Dit onderzoek geschiedde in nauwe samenwerking met het Centraal Bureau voor Schimmelcultures te Baarn. Het gelukte jonge cysten, die nog vrij van schimmels waren, met deze schimmels te infekteren, en het verloop van de infectie werd nader bestudeerd. Deze schimmelsoorten komen echter algemeen ook vrij in de grond voor, waar ze allerlei dieren en dierlijke resten aantasten.

Om tot een praktische bestrijding te komen, zouden grote hoeveelheden van deze schimmels in de grond gebracht moeten worden. Daarna zou men moeten afwachten,

FIG. 8. Levenscyclus van de amoëbe *Theratomyxa weberi*.
Lifecycle of the amoeboid organism Theratomyxa weberi.

1. Kruipende stadia van het organisme.
Creeping stages of the organism.
2. Vele kruipende stadia vormen samen een groot netwerk met een diameter van 30 mm.
Many organisms have fused with each other and have formed a large network, diameter till 30 mm.
3. Ruststadia van *Theratomyxa* 25–40 μ diameter.
Resting stages of the organism 25–40 mikron diameter.
4. *Theratomyxa* valt een larve aan en hecht zich aan zijn kop.
The organism attacks a larva of H. rostochiensis and clings to the head of the eelworm.
5. De aaltjes worden verder omhuld.
The eelworms are engulfed by the organism.
6. Verteringscyste van *Theratomyxa*, het aaltje is reeds verdwenen.
Digestive cyst of Theratomyxa, the nematode has disappeared already.

of de schimmels zich daar niet alleen zouden handhaven, maar of ze ook in een zo overvloedige hoeveelheid aanwezig zouden blijven, dat zij de aaltjespopulatie sneller zouden doen uitsterven dan thans het geval is. Als we aannemen dat het ongeveer een 20-tal jaren duurt, alvorens een met aardappelmoeheid besmette akker weer geheel vrij is van cysten met levende inhoud (aangenomen dat er in die 20 jaar geen aardappelen op geteeld worden), dan zou het ons doel moeten zijn, via inbrengen van natuurlijke vijanden te bewerkstelligen, dat deze tijd wordt bekort.

Nu is de ervaring, dat het inbrengen van grote hoeveelheden levende organismen van een bepaalde soort, het biologisch evenwicht wel korte tijd kan verschuiven, maar dat deze verandering niet blijvend is, vooral niet als het gaat om soorten, die tevoren reeds aanwezig zijn.

Het onderzoek kwam echter in een nieuw stadium toen bekend werd, dat het aardappelcystenaaltje in Zuid-Amerika over een zeer grote uitgestrektheid in de Andes voorkomt, en er zó algemeen is, dat men daar de konklusie trok, dat Zuid-Amerika het land van oorsprong van deze aaltjes moest zijn. Het lag dus voor de hand te trachten eventuele natuurlijke vijanden, die wellicht Europa nog niet bereikt hadden, uit Zuid-Amerika te importeren. Een geïmporteerde plaag moet men altijd bestrijden met vijanden uit het land van oorsprong.

Een collega uit Peru, Senora C. BAZÁN DE SEGURA was bereid ons cystenmateriaal uit de Andes te zenden, en dadelijk werd begonnen, uit deze cysten schimmels te isoleren. Daar echter naast parasitaire schimmels ook altijd talrijke saprophyten, die dus slechts van dode stof leven, in de cysten worden gevonden, was dit geen eenvoudige zaak. Van een vijftal schimmelsoorten kon echter aangetoond worden, dat zij de eigenschap hadden de cysten binnen te dringen en de inhoud te doden. Deels waren dit nimmer te voren gevonden soorten, die in Baarn beschreven werden en daar sindsdien in cultuur gehouden worden.

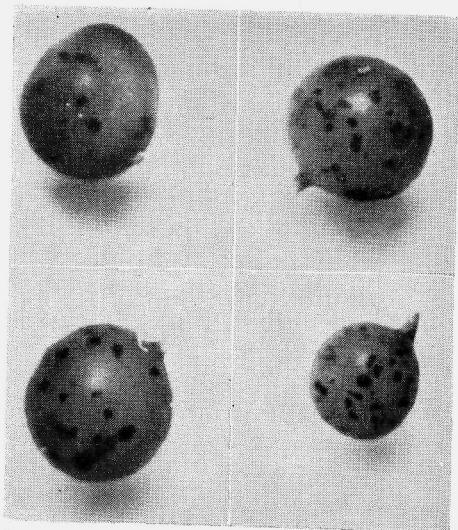
Met deze schimmels werden talrijke potproeven ingezet, en inderdaad brachten zij in de grond een achteruitgang van het aantal levende eieren en larven in de cysten te weeg.

Op de vraag, of deze schimmels de ontwikkeling van het aardappelcystenaaltje ook in de vrije natuur belangrijk konden remmen, gaven deze potproeven nog geen antwoord. Daartoe zouden langjarige proeven in het vrije veld nodig zijn. Hiertoe is het niet gekomen. Een veldproef op kleine schaal bij Bennekom gaf geen duidelijk resultaat, en de kans op sukses werd zo gering geacht, dat bij vertrek van ondergetekende deze richting van onderzoek niet werd voortgezet.

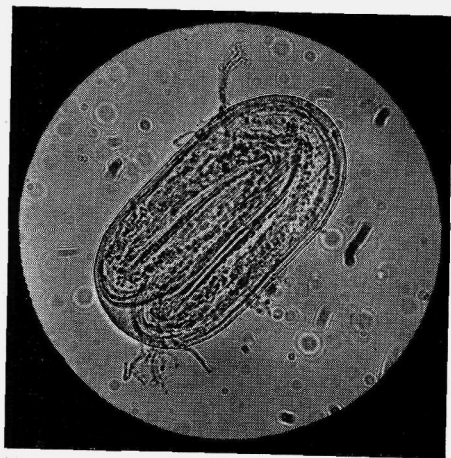
DE INVLOED VAN ORGANISCHE BEMESTING

Veldwaarnemingen hebben geleerd, dat organische bemesting het optreden van aardappelmoeheid vertraagde. De toeneming van het aantal cysten in de grond ten gevolge van jaarlijkse teelt van aardappelen zou bij bemesting met organische mest, en speciaal met stalmest, minder zijn dan met kunstmest.

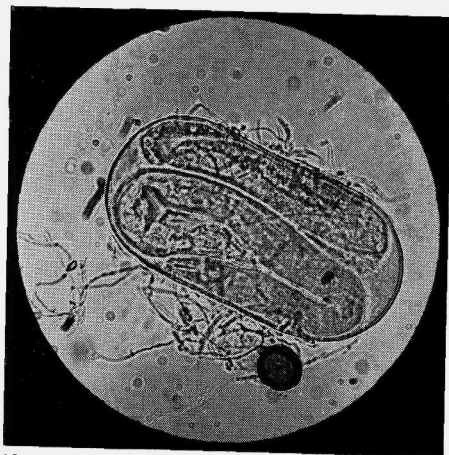
Deze invloed werd door sommigen verklaard door aan te nemen, dat in organisch bemeste grond de natuurlijke vijanden van de aaltjes een betere levenskans hebben. Het lag dus voor de hand bij het onderzoek naar de biologische bestrijding ook aan-



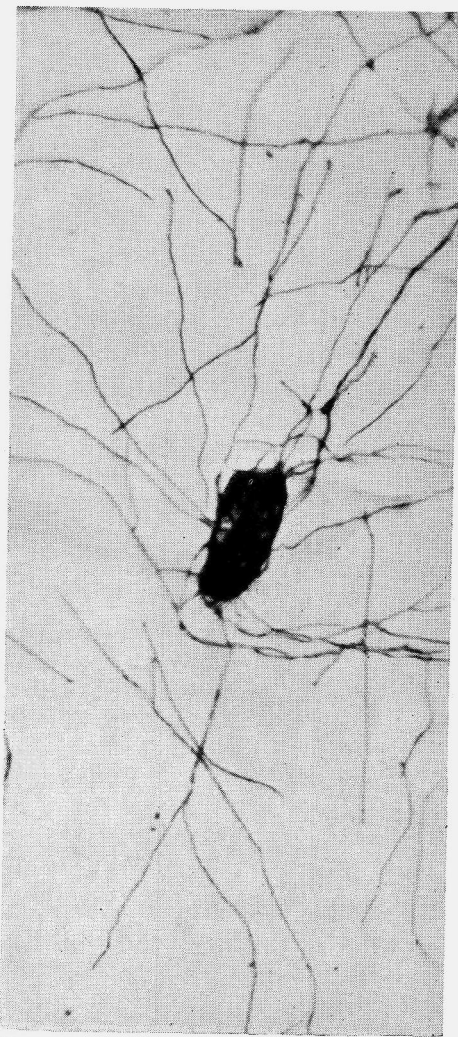
9



11



12



10

FIG. 9. Cysten met sklerotiën van *Colletotrichum atramentarium*.

Cysts with sclerotia of Colletotrichum atramentarium.

FIG. 10. Ei van *H. rostochiensis* in het mycelium van *Phialophora heteroderae*.

An egg of H. rostochiensis in the mycelium of P. heteroderae.

FIG. 11. Beginnende aantasting in een ei van *H. rostochiensis* door *Phialophora heteroderae*.

Initial attack in an egg of H. rostochiensis by Phialophora heteroderae.

FIG. 12. De schimmel is het ei binnengedrongen en zuigt de larve uit.

The fungus has penetrated the egg and is sucking the larva.

dacht aan de bemesting te besteden. Potproeven werden genomen met aardappelen, geteeld in grond, waaraan stalmest, kunstmest, kompost, of geen mest was toegevoegd. De potten werden zwaar geïnfecteerd met een bekende en gelijke hoeveelheid cysten van het aardappelcystenaaltje, en de ontwikkeling van de aaltjes in de wortels der aardappelplanten werd nagegaan door periodiek een aantal planten van elk der series te onderzoeken. De gehele wortelstelsels werden daarna uitgespoeld en fijnge-malen in een Waring Blender; de aaltjes kwamen daarbij vrij en konden geteld worden. De wortelstelsels werden tevens gewogen, en het aantal gevonden aaltjes werd omgerekend naar het aantal, dat per gram wortel aanwezig was. Daarbij bleek, dat in alle series ongeveer dezelfde aantallen aaltjeslarven in de wortels bin-nengedrongen waren. Van enige invloed van natuurlijke vijanden, vóórdat de aal-tjes de wortels bereikten, bleek niets. Het leek ons dus niet waarschijnlijk, dat de hierboven vermelde theorie dat sterkere vermeerdering van natuurlijke vijanden in organisch bemeste grond het effect van stalmest kon verklaren juist was.

Het bleek echter, dat in de planten, die met stalmest behandeld waren, de ont-wikkeling der aaltjes na het binnendringen trager verliep en dat een geringer aantal volwassen werd. Ook bij de kompost-serie was dat aanvankelijk het geval, doch later ontwikkelden zich in die series toch veel aaltjes, dank zij de overvloedige wortelont-wikkeling der kompost-planten. De mening werd uitgesproken, dat fysiologische ver-anderingen in de planten, ontstaan onder invloed van de verschillende bemestingen, verschillen in groei der aaltjes teweeggebracht hadden. Behandeling met stalmest zou een aardappelplant dus minder eetbaar maken voor de aaltjes. De gevonden ver-schillen werden echter te gering geacht, om enig uitzicht te bieden op een belangrijke vermindering van de infectie van de grond met aardappelcystenaaltjes door een be-paalde bemesting. Ook de langjarige veldproeven van OOSTENBRINK gaven daartoe geen aanwijzingen.

DEN OUDEN (1959, 1960) vergeleek in potproeven de invloed op de aaltjesvermeer-dering van bemesting met stalmest met die van bemesting met kunstmest. Tevens werd de vermeerdering van het aaltje in grond, die jarenlang met stalmest bemest was, vergeleken met die in een grond, die jarenlang met kunstmest bemest was. In geen dezer potproeven werd enige invloed van de bemesting waargenomen. Ook in een veldproef werd geen invloed geconstateerd van bemesting met stalmest, kompost of kunstmest op de vermeerdering van het aaltje bij aanwezigheid van aardappelen of op de vermindering bij afwezigheid van waardplanten.

De bemestingsproeven zijn gedaan met verschillende bevolkingsdichtheden van de aaltjes in de grond: de potproeven van DEN OUDEN met licht besmette grond, de eigen proeven en de veldproef met grond, die veel aaltjes bevatte. Alle proeven samen-vattend krijgt men de indruk, dat de bemesting de vermeerdering van de aaltjes niet heeft beïnvloed in de proeven met licht besmette grond, maar wel in enkele gevallen in proeven met zwaar besmette grond. Op zwaar besmette grond kunnen echter geen aardappelen worden geteeld. De invloed van de bemesting op de vermeerdering van het aardappelcystenaaltje is dus niet van praktische betekenis.

Samenvattend kan gezegd worden, dat het onderzoek naar de mogelijkheden van biologische bestrijding niet tot een spoedige oplossing van de problemen langs deze

weg heeft geleid. De waarde van dit onderzoek zou slechts getoetst kunnen worden aan een grote, minstens 20 jaar durende veldproef, waarin in afzonderlijke vakken aantallen natuurlijke vijanden, en eventueel de wijze van bemesting gevarieerd zouden worden. Het is nog altijd van belang, dat reeds besmette grond zo spoedig mogelijk weer gezuiverd wordt van het aardappelcystenaaltje, en een bekorting van de tijd dat het veld besmet blijft met bijv. 5 of 10 jaar zou van veel waarde kunnen zijn.

LITERATUUR

- LAAN, P. A. VAN DER, 1954: Nader onderzoek over het aaltjesvangende amoeboïde organisme *Theratomyxa weberi* ZWILLENBERG. Tijdschr. Pl.ziekten **60**: 139-145.
- LAAN, P. A. VAN DER, 1956: The influence of organic manuring on the development of the potato root eelworm, *Heterodera rostochiensis*. Nematologica **1**: 112-125.
- LAAN, P. A. VAN DER, 1956: Onderzoekingen over schimmels, die parasiteren op de cyste-inhoud van het aardappelcystenaaltje (*Heterodera rostochiensis* WOLLENW.). Tijdschr. Pl.ziekten **62**: 305-321.
- OUDEN, H. DEN, 1959: in: J. W. SEINHORST: Verslag van de werkzaamheden van de Nematologische Afdeling. Jaarverslag I.P.O. 1958: 120.
- OUDEN, H. DEN, 1960: in: J. W. SEINHORST: Verslag van de werkzaamheden van de Nematologische Afdeling. Jaarverslag I.P.O., 1959: 123.
- WEBER, A. PH., L. O. ZWILLENBERG & P. A. VAN DER LAAN, 1952: A Predacious Amoeboid Organism destroying Larvae of the Potato Root Eelworm and other Nematodes. Nature, Londen **169**: 834.
- ZWILLENBERG, L. O., 1953: *Theratomyxa weberi*, a new Proteomyxean organism from soil. Anth. Leeuwenh. **19**: 101-116.

ONDERZOEK OVER DE CHEMISCHE BESTRIJDING VAN HET AARDAPPELCYSTENAALTJE

DOOR

Ir. J. D. Bijloo*, mej. Dr. A. Kaars Sijpesteijn** en Ir. H. den Ouden***

De mogelijkheden van chemische bestrijding van het aardappelcystenaaltje waren bij het begin van de werkzaamheden van de W.O.B.A. op tweeërlei wijze beperkt: door de eigenschappen der beschikbare nematiciden, die slechts in het voorjaar en de zomer toegepast konden worden en door de voor de aardappelteelt te hoge kosten. Het was duidelijk, dat vooral aan het laatste bezwaar niet gemakkelijk tegemoetgekomen zou kunnen worden.

De bedreiging, die de aardappelmoehheid voor de aardappelteelt vormt en de grote financiële verliezen, die door een verbouwverbod kunnen ontstaan voor de eigenaar of pachter van een besmet perceel rechtvaardigden echter het zoeken naar betere nematiciden, dan de in 1950 beschikbare.

In dit onderzoek kunnen twee delen onderscheiden worden:

1. Proefveldonderzoek met bestaande nematiciden.
2. Laboratorium- en proefveldonderzoek van nieuwe stoffen.

PROEFVELDONDERZOEK MET BESTAANDE NEMATICIDEN

In een tomatenkas op zandgrond werd zowel met DD als met chloorpicrine een goede bestrijding van het aardappelcystenaaltje verkregen (Bijloo, Bravenboer en Oostenbrink 1954). Stomen van de grond was eveneens effectief maar had een te sterke vegetatieve ontwikkeling van het gewas tot gevolg.

Verder werd in samenwerking met het laboratorium van de Bataafse Petroleum Maatschappij een uitgebreid onderzoek gedaan over de waarde van DD bij de bestrijding van aardappelmoehheid in Nederland. De proeven werden genomen op vier grondsoorten nl. duinzandgrond, humeuze zandgrond, zavelgrond en veenkoloniale grond. Het aaltjes dodend effect van de behandelingen bleek af te nemen in genoemde volgorde der grondsoorten, hetgeen vooral geweten moet worden aan de toenemende absorptie van het nematicide aan de organische stof in de grond. Bij de zavelgrond speelde vermoedelijk een onvoldoende mate van doordringen van het middel in de grond een belangrijke rol. Verschillen tussen voorjaars- en najaarsontsmetting hingen samen met verschil in temperatuur en vochtigheid van de grond tijdens de ontsmetting. In enkele gevallen (humeuze zandgrond, veenkoloniale grond)

* Voorheen W.O.B.A.-onderzoeker bij de Plantenziektenkundige Dienst, thans werkzaam bij N.V. Philips-Duphar, Boekesteijn, 's-Graveland.

** Organisch Chemisch Instituut T.N.O., Utrecht.

*** Instituut voor Plantenziektenkundig Onderzoek, Wageningen.

werd bij voorjaarsontsmetting phytotoxiciteit op het gewas geconstateerd, hoewel de aardappelen pas ruim twee maanden na de grondbehandeling gepoot werden.

Op de behandelde percelen werd geen opbrengstvermindering door het aaltje waargenomen. Bij de meeste proeven was de bevolkingsdichtheid van *H. rostochiensis* na één aardappelgewas echter weer even hoog als voor de ontsmetting. Deze zou dus bij intensieve aardappelteelt voor elk aardappelgewas herhaald moeten worden en is daardoor te duur.

Indien de bewering van GRAINGER, dat DD een lokkende werking zou hebben op het aardappelpycnenaaltje, op waarheid zou berusten, zou dit belangrijke consequenties kunnen hebben voor het verbouwen van aardappelen op kort voordien behandelde percelen. Het volgende onderzoek werd daarom uitgevoerd. Een aantal perceeltjes werd met twee concentraties DD behandeld, terwijl een aantal veldjes onbehandeld bleef. Populatiemetingen door lokkingen en inhoudsbepalingen leidden tot het inzicht, dat in de onbehandelde grond tot 64 % van de larven uit de cysten te voorschijn kwamen zonder aanwezigheid van een waardplant. Van de cysten uit de behandelde perceeltjes bleek slechts een gering percentage te lokken m.b.v. aardappelworteldiffusaat. Het na verloop van tijd toenemend aantal lege eieren in de cysten, hetwelk genoemde auteur bracht tot zijn hypothese omtrent de lokwerking van DD, bleek te ontstaan door ontleding van de gedode larven in de eieren, hetgeen door het terugvinden van stekelresten etc. in de „lege” eieren werd bewezen (BIJLOO en BOOGAERS 1956).

LABORATORIUM- EN PROEFVELDONDERZOEK MET NIEUWE STOFFEN

Voor het onderzoek naar nieuwe stoffen met nematocide eigenschappen werd een toetsmethode ontwikkeld, waarbij een gegeven aantal geweekte cysten gedompeld werd in oplossingen, emulsies of suspensies van de te onderzoeken verbindingen, waarna het percentage gedode eieren bepaald werd met behulp van het lokonderzoek.

Daar het lokonderzoek zeer tijdrovend is, werd getracht op een snellere wijze onderscheid te maken tussen levende en dode larven in eieren. Larven in eieren, die kort te voren gedood zijn met een nematocide, zijn niet van levende larven te onderscheiden. Het was bekend, dat door warmte gedode aaltjes veel sterker kleuren met acridine-oranje dan levende. In ultraviolet licht zijn de eerste na kleuring rood en de laatste bleekgroen. Deze verkleuring werd nu ook toegepast op met nematociden behandelde eieren (v. d. LAAN en BIJLOO, 1955). Een deel van deze eieren kleurde ook sterk met acridine-oranje, maar een deel bleef ongekleurd, hoewel de larven door lokstof niet meer tot uitkomen gestimuleerd konden worden. Werden de behandelde eieren langere tijd bewaard, dan steeg het percentage sterk kleurende eieren wel, maar een voldoende betrouwbare scheiding tussen levende en dode eieren kon toch ook dan nog niet verkregen worden. Het lokonderzoek bleef daarom de enige methode om de werking van nematociden op eieren van *H. rostochiensis* na te gaan.

Stoffen, waarvan een nematocide werking verwacht werd, werden oorspronkelijk betrokken van het Organisch Chemisch Laboratorium van de Landbouwhogeschool (directeur: Prof. Dr. H. J. DEN HERTOOG), terwijl later een groot aantal verbindingen

gesynthetiseerd werd door het Organisch Chemisch Instituut T.N.O. (directeur: Prof. Dr. G. J. M. VAN DER KERK). Van de eerste groep verbindingen moet hier het paranitrobenzyl chloride genoemd worden. In vitro is deze blaatrekkende en eczeem verwekkende stof sterk nematicide. Op proefvelden had ze echter naast een soms niet onbevredigende nematicide werking een langdurige fytotoxische nawerking. Werden op behandelde percelen aardappelen geteeld, dan nam de parasiet weer sterk in aantal toe (BIJLOO, BRAVENBOER & OOSTENBRINK 1954).

Door de samenwerking met het Organisch Chemisch Instituut T.N.O. konden een groot aantal rhodaninen, aromatische isothiocyانات en dithiocarbamaten onderzocht worden. Vele hiervan vertoonden een opmerkelijke activiteit in vitro. Het bleek mogelijk enig inzicht te krijgen in het verband tussen structuur en werking bij deze groepen van verbindingen. Een nadeel van deze stoffen was de vrij hoge fytotoxiciteit na toediening aan de grond. Als actiefste verbinding kwam naar voren S-methyl-N-methyl-dithiocarbaminaat. Nog tijdens het onderzoek echter werd het Na-zout van deze verbinding als „Vapam” door Stauffer Chemical Co op de markt gebracht, tezamen met twee andere, bij deze groep horende, preparaten.

Veldproeven gaven de indruk, dat Vapam beter werkt bij toepassing in de winter, dus bij lage temperatuur, dan bij toediening in de zomer. Dit is voor Nederlandse omstandigheden een voordeel boven DD. Verder is dit dure middel zeker niet beter dan DD (DEN OUDEN, 1957).

N244 (3-p-chloorphenyl-5-methylrhodanine) bleek op proefvelden weinig werkzaam en sterk fytotoxisch te zijn (BIJLOO 1956); het is inmiddels uit de praktijk verdwenen. Een andere verbinding, 3-5-dimethyl-tetrahydro-1-3-5-2H-thiadiazine-2-thion (N 521, nu Mylone) bleek een goed, maar te duur nematicide te zijn (BIJLOO, 1956, SEINHORST, BIJLOO en KLINKENBERG 1956). Als herbicide wordt het nog wel gebruikt.

Tien jaar nematiciden-onderzoek in de W.O.B.A. hebben nog niet geleid tot een tastbare verbetering van de mogelijkheden het aardappelcystenaaltje chemisch te bestrijden.

Gezien het feit, dat in die tien jaar slechts één met DD en EDB vergelijkbaar maar helaas in Nederland onbruikbaar nematicide door de bestrijdingsmiddelen-industrie op de markt is gebracht, was dit ook nauwelijks te verwachten.

Het onderzoek heeft echter zeker geleid tot een verheldering van het inzicht in de eisen, die gesteld moeten worden aan nematiciden, willen ze voor vollegrondsteelten in West Europa bruikbaar zijn. Geen der beschikbare middelen bleek hieraan ten volle te voldoen. Dit heeft de belangstelling ook bij de bestrijdingsmiddelenindustrie voor het ontwikkelen van nieuwe middelen gestimuleerd. Tevens is het inzicht gerijpt, dat het zeker veel moeizamer zoeken van nieuwe wegen in de chemische aaltjesbestrijding, zoals onderzoek over mogelijk systemisch werkende middelen, de volle aandacht verdient.

Er zijn reeds enkele middelen bekend, die een zekere mate van systemische bestrijding van bladaaltjes geven, maar deze zijn voor wortelaaltjes ongeschikt gebleken. Hoewel vele verbindingen onderzocht zijn, zijn de positieve resultaten nog beperkt

gebleven tot het uitwerken van methoden voor dit onderzoek. Deels zijn deze methoden ook uitermate bruikbaar gebleken voor een veel ruimer gebied van onderzoek over aantasting van wortels door aaltjes en andere organismen (DEN OUDEN 1960).

LITERATUUR

- BIJLOO, J. D., 1956: De nematocide werking van N 244 (3-p-chloorphenyl-5-methylrhodanine) en van N 521 (3-5-dimethyl-tetrahydro-1-3-5-2H-thiadiazine-2-thion). Med. Landb.hogesch. Opz. Sta. Gent **21**: 377-386.
- BIJLOO, J. D., BRAVENBOER, L., OOSTENBRINK, M., 1954: Grondontsmetting bij de tomateteelt ter bestrijding van het aardappelcystenaaltje. Med. Dir. Tuinb. **17**: 804-810.
- BIJLOO, J. D. & BOOGAARS, PETRONELLA A. M., 1956: Population decrease of *Heterodera rostochiensis* after DD treatment of the soil. Nematologica **1**: 20-29.
- VAN DER LAAN, P. A. & BIJLOO, J. D., 1955: Bepaling van de vitaliteit van de cysteninhoud van het aardappelcystenaaltje (*Heterodera rostochiensis* WOLL.) door fluorochromeren met acridine orange. Tijdschr. Pl.ziekten **61**: 69-75.
- OUDEN, H. DEN, 1957 in: J. W. SEINHORST, Verslag van de werkzaamheden van de Nematologische Afdeling. Jaarverslag I.P.O. 1957: 108.
- OUDEN, H. DEN, 1960: An improved method for making thin agar layers in polyethylene bags. Nematologica **4**:
- SEINHORST, J. W., BIJLOO, J. D. & KLINKENBERG, MEJ. C. H., 1956: Een vergelijking van de nematocide werking van DD en van 3-5-dimethyl-tetrahydro-1-3-5-2H-thiadiazine-2-thion. Med. Landb.hogesch. Opz. Sta. Gent **21**: 387-395.

ONDERZOEK NAAR DE WEKSTOF VAN HET AARDAPPELCYSTENAALTJE

DOOR

MEJ. DR. G. J. JANZEN

Proefstation voor Aardappelverwerking, Groningen

Als onderdeel van het onderzoek-programma van de Werkgroep Onderzoek Bestrijding Aardappelcystenaaltje nam tien jaar geleden het Proefstation voor Aardappelverwerking te Groningen de taak op zich te trachten de door aardappelwortels afgescheiden wekstof (of lokstof) voor de aardappelcystenaaltjes te concentreren, te zuiveren en te isoleren.

De natuurlijke wekstof bleek weinig stabiel te zijn. Hierdoor konden vele klassieke chemische zuiveringsmethoden niet worden toegepast; derhalve moesten voor ons doel geschikte scheidingsmethoden ontwikkeld worden. Ook de houdbaarheid van gedeeltelijk gezuiverde, in water opgeloste preparaten bleek gering te zijn. Alleen door droging bij zeer lage temperatuur en in vacuo kon de activiteit van deze met veel moeite verkregen preparaten behouden worden.

Niettegenstaande de intensieve pogingen die hiertoe werden aangewend, was er geen andere methode ter evaluering van de bereide preparaten beschikbaar dan de uiterst bewerkelijke biologische test.

Het wekstofonderzoek kan in drie onderdelen worden verdeeld: De winning, de activiteitsbepaling en de zuivering.

DE WINNING (fig. 13)

Voor de produktie van lokstof worden aardappelen gekweekt in grind. Op geregelde tijden wordt het grind met de daarin gegroeide aardappelwortels voorzien van een voedingsoplossing, die na enkele uren door enige koolfilters terugstroomt naar een reservoir. De kool adsorbeert verschillende uit de aardappelwortels afkomstige stoffen, waaronder de wekstof. Zodra de kool verzadigd is, worden de geadsorbeerde stoffen er uit gewassen met een oplossing van 70 % aceton, waaraan een weinig benzeen is toegevoegd. Uit de verkregen oplossing wordt de aceton verwijderd in een filmverdampers (fig. 14). Uit het instabiele en na droogdampen zeer hygroscopische residu worden met behulp van ionenuitwisselaars de anorganische bestanddelen verwijderd. Door droogvriezen van de zo verkregen oplossing wordt een onbeperkt houdbaar uitgangsmateriaal voor verdere zuivering verkregen. Het is zeer goed oplosbaar in polaire oplosmiddelen.

Ook uit de bovengrondse delen van de aardappelplant kon een actief extract verkregen worden. Dit was echter minder geschikt voor zuivering, dan worteldiffusaat.

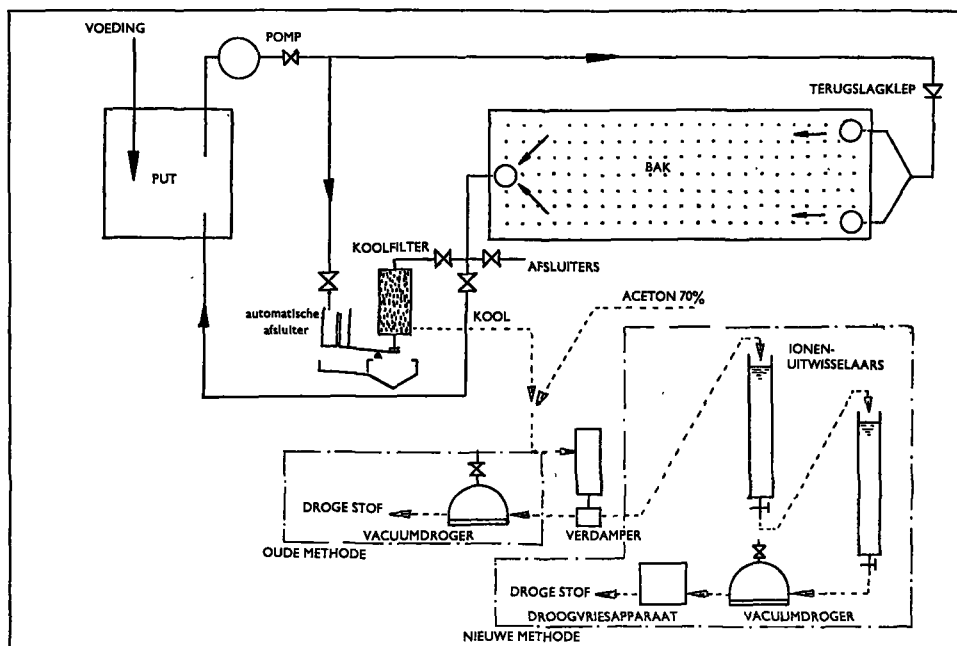


FIG. 13. Schema van de winning der wekstof. / *Diagram of the recovery of hatching agent.*

DE ACTIVITEITSBEPALING

De activiteit van wekstofpreparaten wordt bepaald door na te gaan hoeveel larven deze in verschillende verdunningen uit cysten lokken.

Twintig voorgeweekte cysten worden in de te testen verdunning van een preparaat gebracht. Tweemaal wordt de vloeistof om de vier dagen verversd. De test duurt dus in totaal 12 dagen. Het aantal larven, dat in deze 12 dagen uitkomt, neemt bij verdunning van geconcentreerde wekstofoplossingen eerst toe en daarna weer af. Voor het vaststellen van de sterkte van het getoetste preparaat kan men zowel de verdunning, waarbij een maximale activiteit optreedt gebruiken, als die, waarbij evenveel larven uitkomen als in schoon water. De laatste waarde wordt sterker door onzuiverheden in het te testen preparaat beïnvloed dan de eerste, die echter niet scherp begrensd is. Met behulp van bovengenoemde gegevens zijn de activiteiten van verschillende preparaten echter wel met elkaar te vergelijken en kan vastgesteld worden welk preparaat het zuiverst is.

Het nauwkeurig vaststellen van de activiteit wordt bemoeilijkt door het optreden van seizoensvariëaties en door een reeks andere factoren, zoals de aanwezigheid van anorganische zouten, de temperatuur, de zuurgraad van de oplossing, de duur van de proef, de tijd van vóórweken, de leeftijd van de cysten, de aanwezigheid van sporen organische verbindingen, enz. Resumerend kan gezegd worden, dat er enige bekende factoren zijn, die invloed uitoefenen, waarmee bij de proefopzet rekening kan worden gehouden. Daarnaast bestaan er enige onbekende factoren, die de variabiliteit

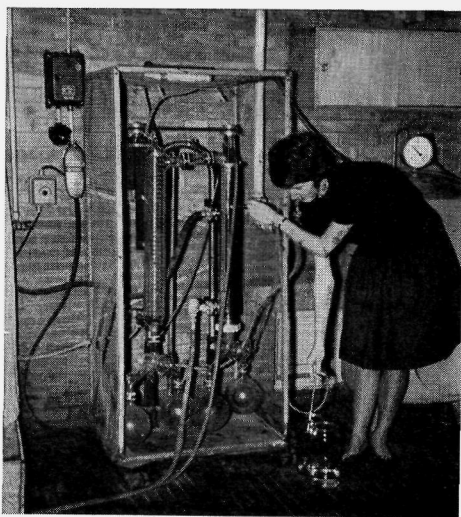


Fig. 14. Het indampen van gezuiverde wekstof-oplossing. Foto Dr. DE WILLIGEN.
Reduction of volume by evaporation of purified solution of hatching agent.

veroorzaken, waardoor misleidende uitkomsten kunnen worden verkregen. Het verdient derhalve aanbeveling, de proeven minstens éénmaal te herhalen.

DE ZUIVERING

Bij de zuivering wordt uitgegaan van de onder 1 beschreven gedemineraliseerde wekstof. Daar van de gezochte stof aanvankelijk slechts één eigenschap bekend was, nl. het vermogen larven van *H. rostochiensis* uit cysten te lokken, moest geheel proefondervindelijk bepaald worden op welke wijze de actieve bestanddelen in het ruwe preparaat gescheiden zouden kunnen worden van de eveneens onbekende niet actieve. Er mocht aangenomen worden, dat deze bestanddelen zouden verschillen in oplosbaarheid in verschillende oplosmiddelen, in zuur-

graad, in elektrische lading en in andere eigenschappen. Van de methoden, die er zijn voor het scheiden van stoffen op grond van zulke verschillen werden er vier beproefd: verdelingschromatografie, elektroforese, chromatografie over ionenuitwisselaars en extractie en tegenstroomverdeling. De beste resultaten werden verkregen met verdelingschromatografie en met extractie en tegenstroomverdeling. De capaciteit der gebruikte elektroforese apparatuur bleek te klein te zijn, terwijl deze methode zeer bewerkelijk is wegens de noodzakelijke scheiding van wekstof en elektrolyt na de elektroforetische zuivering. Bij chromatografie over ionenuitwisselaars traden grote verliezen op doordat de wekstof gedeeltelijk irreversibel aan de ionenhars geadsorbeerd werd en tevens doordat een deel geïnactiveerd werd in de sterke elektrolytoplossingen, die gebruikt moesten worden om de lokstof na adsorptie weer van de anionenhars te verdrijven.

Een bezwaar van de verdelingschromatografie was dat deze door verschillen in pakkingsdichtheid van het cellulosepoeder in de kolommen slecht reproduceerbaar was.

Bij de extractie en tegenstroomverdeling, werd gebruik gemaakt van het verschil in oplosbaarheid der verschillende bestanddelen van de ruwe wekstof in twee niet mengbare vloeistoffen. In het klein werd de tegenstroomverdeling met een aantal (n) scheitrechters uitgevoerd. De scheitrechters worden met een der oplosmiddelen gevuld waarna aan de eerste scheitrichter het tweede oplosmiddel en het te scheiden mengsel wordt toegevoegd en vermengd met het eerste oplosmiddel. Na het instellen van het evenwicht wordt het tweede oplosmiddel uit de eerste scheitrichter genomen en in de tweede gebracht, de eerste scheitrichter met zuiver tweede oplosmiddel aangevuld en het proces herhaald totdat het tweede oplosmiddel de n-de schei-

trechter heeft bereikt. Op deze wijze verkrijgt men over de n scheitrechters een verdeling van de wekstof in fracties, waarvan een aantal sterk verschilt in activiteit. De gedroogde zeer actieve fracties bevatten 3-6 % van de actieve stof in het uitgangsmateriaal.

De winning van de actieve stof volgens deze methode is zeer aantrekkelijk. Een automatisch werkend apparaat, waarbij geen emulsievorming optreedt zal echter noodzakelijk zijn om tot werkelijk goede resultaten te komen.

De resultaten van het onderzoek mogen in vergelijking met die van buitenlandse onderzoekers niet ongunstig worden genoemd. Niettegenstaande al de hiervoor genoemde experimentele moeilijkheden kan worden vastgesteld dat de door ons verkregen preparaten, in vergelijking met die welke elders zijn bereid, de grootste activiteit bezitten. Dit is ons gebleken uit contacten die met onderzoekers in Amerika en Engeland zijn gelegd.

LITERATUUR

JANZEN, G. J., 1958: Wekstof uit de aardappelplant. T.N.O. nieuws **13**: 579-584.

JANZEN, G. J., 1959: Aardappelmoetheid. Groninger universiteitsblad **10**: 78-83.

JANZEN, G. J., VAN DER TUIN, F., 1956: The unknown hatching agent for the potato-root eelworm. Nematologica **1**: 126-137.

HET EFFECT VAN WASSEN EN ONTSMETTEN VAN AARDAPPELEN

DOOR

Ir. J. D. Bijloo*

In de beginperiode van de Werkgroep Onderzoek Bestrijding Aardappelcystenaaltje T.N.O. werd aandacht besteed aan het probleem van de mogelijke verspreiding van het aardappelcystenaaltje door middel van aardappelknollen. Hoewel de wet op de aardappelmoetheid voorkomt dat aardappelen geteeld worden op met *H. ros-tochiensis* besmette grond, terwijl de N.A.K. een extra controle instelde op percelen welke bestemd waren voor de teelt van pootaardappelen, was in 1951 nog niet te overzien in welke richting het probleem „aardappelmoetheid” zich zou ontwikkelen. Men achtte het dan ook raadzaam voorbereidend onderzoek te doen over de mogelijkheden van het reinigen van voortplantingsmateriaal. Als belangrijkste onderwerp werd hierbij vooral aandacht geschonken aan de pootaardappel.

Ongeveer tegelijkertijd ging, mede onder invloed van soortgelijke ontwikkelingen in de V.S., de toenmalige Commissie voor het bewaren van Aardappelen, later Stichting voor Aardappelbewaring, zich interesseren voor de mogelijkheden van het wassen en in kleinverpakking brengen van consumptieaardappelen, terwijl zij uiteraard in hoge mate geïnteresseerd bleef bij alles wat zich afspeelde om de pootaardappel. Een en ander heeft geleid tot een zeer vruchtbare samenwerking van beide groepen op het gebied van het reinigen en ontsmetten van aardappelen, waarbij dr. J. C. Moor van het Instituut voor Plantenziektenkundig Onderzoek zich bereid verklaarde toe te zien op de invloed van de toegepaste methodes op bewaarziekten van de aardappel.

Al spoedig bleek dat de bestaande borstelmachines voor bloembollen bij aardappelen van zandgrond in sommige gevallen een niet onbevredigend, doch bij aardappelen van zwaardere gronden een totaal onvoldoende resultaat opleverden. De bestaande kuipwasmachines voor tuinbouwproducten leverden in vele gevallen weliswaar een gunstiger resultaat op, doch bleken door haar discontinue werkwijze van weinig praktische waarde. Een extra handeling, ingevoerd in het procédé van de aardappelverwerking, zou slechts dan kans van slagen hebben indien de normale capaciteit van 6-8 ton aardappelen per uur niet nadelig zou worden beïnvloed; dit houdt in dat een continu proces noodzakelijk was.

Een eerste stap in deze richting was het onderzoek met een trommelwasmachine welke oorspronkelijk bedoeld was voor het wassen van peen. Door het aanbrengen van kleine veranderingen in de constructie, en het inwendig bekleden van de latten-trommel met sponsrubberplaat kon beschadiging van de knollen door de machine

* Voorheen W.O.B.A.-onderzoeker bij de Plantenziektenkundige Dienst, thans werkzaam op het Agro Biologisch Laboratorium van N.V. Philips-Duphar te 's-Graveland.

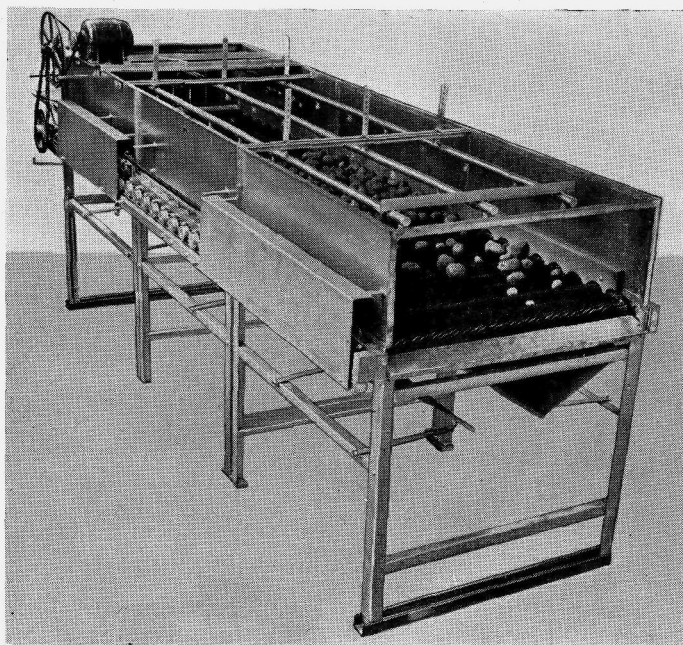


Fig. 15. Verlengde rollen wasmachine. / *Prototype of a potato-washing machine.*

tot een aanvaardbaar percentage worden teruggebracht. Een bezwaar van het systeem bleef echter dat de aardappelen door het schuren over elkaar kleine ontvellingen opliepen welke tot complicaties kunnen leiden bij het bewaren en eventueel chemisch ontsmetten van de knollen.

Een ander, in de V.S. ontwikkeld systeem daarentegen vermindert deze mogelijkheid sterk, door de knollen te voeren over een serie met noppenrubber beklede, sneldraaiende rollen, waarbij de aardappelen van boven bespoten worden met water onder druk van 4-6 atm. De knollen schuren hier minder tegen elkaar en worden door de rollen nat geborsteld.

Al spoedig bleek, dat het systeem in principe goed werkte, doch dat de reiniging, vooral bij herkomsten van zwaardere gronden, nog onvoldoende was. In het algemeen kan men inderdaad aannemen dat in Nederland meer zwaardere gronden voor de aardappelteelt benut worden dan in de V.S.

Op grond van diverse proefnemingen werd besloten de machine tot $3 \times$ haar oorspronkelijke grootte te verlengen (fig. 15). Hiermede werd een zeer gunstig resultaat verkregen. Alleen zware kleigronden bleven een probleem, omdat de indruk werd gekregen dat voorweken wellicht noodzakelijk was. Hierbij werd gegrepen naar het systeem van transport van de aardappelen in spoelgoten, waardoor tevens een periode van voorweken gerealiseerd werd. Met behulp van deze combinatie bleek het mogelijk om aardappelen afkomstig van met *H. rostochiensis* besmette proefvelden op zandgrond en zavelgrond geheel vrij te wassen van aanhangende cysten. Controle hierop werd uitgeoefend door willekeurig gekozen monsters van 100 aardappelen na het

wasproces te drogen en met behulp van een borsteltje met de hand grondig na te borstelen. Alleen bij de ongewassen monsters werden soms vrij belangrijke aantallen cysten gevonden.

Een groot probleem vormde het weer op korte termijn droog krijgen van de gewassen aardappelen, omdat al spoedig bleek dat te lang vochtig houden van de knollen tot aantasting door diverse schimmels (vooral *Fusarium*) en tot bacterierot aanleiding kon geven. Het gebruik van een droogtunnel waarbij voorverwarmede lucht in tegenstroom over de vochtige aardappelen gevoerd werd leidde slechts bij zeer hoge energietoevoer en lage capaciteit van de aardappeldoorvoer tot een bevredigend resultaat. Veel beter voldeed een methode waarbij de van de wasmachine afkomstige aardappelen geleid werden over een voordroger om daarna in luchtgekoelde cellen nagedroogd te worden. De voordroger bestaat uit een serie schuimrubberrollen, waaroverheen de natte aardappelen gevoerd worden, en die aan de onderkant door tegendrukrollen worden „uitgewrongen”. Het nadrogen in de luchtgekoelde cel duurde afhankelijk van het jaargetijde 7–18 uur; het kon bespoedigd worden door vóór de ventilator van de droogcel een verwarmingsinstallatie aan te brengen.

Bij onderzoek in de sectie chemische bestrijding van de W.O.B.A. was reeds gebleken, dat de cysteninhoud van *H. rostochiensis* gedood kon worden door dompeling in verdunde oplossingen van enige organische kwikverbindingen. Het leek zeer aantrekkelijk te onderzoeken of een in de praktijk vaak uitgevoerde dompeling van de pootaardappelen ter bestrijding van *Rhizoctonia solani* ook van nut kon zijn voor de bestrijding van eventueel op aardappelen aanwezige cysten van *H. rostochiensis*.

Twee factoren werkten hier tegengesteld. Enerzijds was bekend dat langer dompelen dan het voorschrift aangeeft voor de bestrijding van *R. solani* bij de meeste aardappelrassen resulteerde in vertraagde kieming, resp. kiembeschadiging; anderzijds had het onderzoek uitgewezen, dat vrij lange dompelingen noodzakelijk waren om de cysteninhoud te doden. De oplossing werd gevonden door de aardappelen na het wassen gedurende 1 minuut te dompelen in 0,5 % Aardisan of Aretan (uit te voeren door een transportband in de vloeistof) en de aardappelen daarna in een bewaarplaats met buitenluchtkoeling te drogen. Het effect op de cysten werd gecontroleerd door tussen de aardappelen nylonzakjes met cysten het gehele proces mee te laten maken, en de cysten, nadat de aardappelen gedroogd waren, in het laboratorium te activeren. Op deze wijze uitgevoerd bleek de voor *R. solani* toegepaste ontsmetting eventueel aanwezige cysten van *H. rostochiensis* geheel te kunnen doden.

Wassen en ontsmetten van de aardappelen in het voorjaar bleek de opkomst van de pootaardappelen minder te beïnvloeden dan uitvoering van dit proces in het najaar resp. in de winter. De hier beschreven experimenten werden in een publicatie vastgelegd (Bijloo, 1955).

Hoewel bloembollen niet geteeld mogen worden op percelen welke besmet zijn met *H. rostochiensis* is toch enig voorbereidend onderzoek gedaan over de mogelijkheden van chemische ontsmetting van bloembollen (OOSTENBRINK & STOFMEEL, 1953). In het onderzoek van de Werkgroep werd nagegaan of kunstmatig besmette gladioleknollen een dompeling konden ondergaan zonder hierdoor geschaad te worden, terwijl de aangebrachte cysten gedood werden. Een volledig bevredigend resultaat werd bereikt bij dompelen gedurende 1 uur in een 2 % oplossing, of 3 uur in een

1 % oplossing of 6 uur in een 0,5 % oplossing van de organische kwikverbinding Aaventa.

Ontsmetting van *Convallaria*-kiemen, welke geteeld waren op besmet terrein, leidde daarentegen niet tot een gunstig resultaat, omdat met de onderzochte middelen geen product van concentratie en dompeltijd gevonden kon worden, waarbij de cysten gedood konden worden zonder de *Convallaria*-kiemen te beschadigen (Bijloo, 1954).

LITERATUUR

1. Bijloo, J. D., 1955: Proeven ter bestrijding van *Heterodera rostochiensis* door het wassen en ontsmetten van aardappelen. Tijdschr. Pl.ziekten **61**: 47-51.
2. OOSTENBRINK, L. & STOFMEEL, W. J., 1953: Ontsmetting van bloembollen tegen *Heterodera rostochiensis*. Tijdschr. Pl.ziekten **59**: 1-8.
3. Bijloo, J. D., 1954: Enige proeven ter bestrijding van cysten van *Heterodera rostochiensis* tussen de wortels van *Convallaria*-bloekiemen. Tijdschr. Pl.ziekten **60**: 199-202.

SAMENVATTING

1. Tijdens de afgelopen tien jaar is zowel in als buiten Nederland veel onderzoek verricht over de biologie van *Heterodera rostochiensis*. De techniek van de z.g. lokproeven voor de bepaling van het aantal levende larven in cysten werd sterk verbeterd. Methodes voor het tellen van het aantal eieren in cysten werden ontworpen.
2. Het aardappelcystenaaltje vermeerdert zich veel sterker bij een gering aantal eieren in cysten in de grond, dan bij een hoog aantal. De vermindering van dit aantal eieren in de cysten bij afwezigheid van aardappelen ontstaat doordat 25–60 % van de eieren gedurende enkele weken in juni of juli uitkomt.
3. Het is waarschijnlijk dat *H. rostochiensis* zich alleen geslachtelijk voortplant.
4. Er is op grote schaal gezocht naar resistentie tegen het aardappelcystenaaltje in *Solanum* materiaal, dat bij de veredeling van de aardappel gebruikt zou kunnen worden. Resistentie werd gevonden in enkele lijnen van *S. tuberosum* subsp. *andigena* en in verschillende wilde *Solanum* soorten. Op deze resistente planten ontwikkelen zich slechts weinig larven tot volwassen wijfjes; de planten produceren wel lókstof en de larven van *H. rostochiensis* dringen in kleinere of grotere aantallen in de wortels binnen. Worden resistente aardappelen op zwaar besmet terrein geteeld, dan neemt de besmetting met 70–90 % per jaar af. Lage bevolkingsdichtheden handhaven zich echter.
5. Er is een verschil in gehalte aan bepaalde aminozuren tussen vatbare en resistente planten.
6. De resistentie in *S. tuberosum* subsp. *andigena* berust op één dominante factor, die van *S. kurtzianum* op twee polymere factoren en bij *S. vernei* is de vererving nog gecompliceerder.
7. Eind 1951 werd te Wageningen begonnen met het kweken van resistente aardappelen uitgaande van enkele uit Engeland ontvangen zaden van de resistente kloon C.P.C. 1673 van *S. tuberosum* subsp. *andigena*. De methode van de herhaalde terugkruisingen werd hierbij gevolgd. Aanvankelijk werkte hieraan alleen de Stichting voor Plantenveredeling te Wageningen. Vanaf 1954 wordt echter materiaal, verkregen na één of twee terugkruisingen met praktijkrassen van de aardappel, aan particuliere kwekers verstrekt. Thans zijn er een tiental nieuwe rassen aanwezig, welke een goede praktijkwaarde bezitten. Deze rassen mogen op besmette grond geteeld worden, mits een vruchtwisseling van één op vier gehandhaafd wordt.
8. Ook in Nederland zijn twee biologische rassen van het aardappelcystenaaltje gevonden. Voor één ervan, dat op 25 % van de besmette velden voorkomt, zijn de lijnen van *S. tuberosum* subsp. *andigena* en de daarvan afgeleide rassen, die resistent zijn tegen het meer algemeen voorkomende ras van het aaltje, goede waardplanten. In *S. kurtzianum* en *S. vernei* komt echter resistentie tegen beide rassen voor en deze soorten worden nu bij de veredeling betrokken.
9. Een aantal bekende en onbeschreven schimmels, die geïsoleerd werden uit cysten afkomstig uit Nederland en uit Peru, bleek eieren in de cysten van *Heterodera rostochiensis* aan te tasten. *Theratomyxa weberi* ZWILLENBERG, een amoeboid orga-

nisme, deed dit eveneens bij laboratoriumproeven. Door inoculatie van grond met grote hoeveelheden van deze organismen kon echter geen belangrijke vermindering van het aantal eieren in de cysten van *H. rostochiensis* teweeggebracht worden.

10. Zowel in pot- als in veldproeven had de soort bemesting (stalmest, compost of kunstmest) weinig invloed op de veranderingen van de bevolkingsdichtheid van *H. rostochiensis* bij de teelt van aardappelen of van een onvatbaar gewas. Biologische bestrijding noch bemesting zijn dus tot dusver van betekenis gebleken bij de bestrijding van aardappelmoeheid.
11. Na een behandeling van besmette grond met DD kan maar één gezond aardappelgewas geteeld worden. De behandeling is daarom te duur.
12. Eieren worden door een DD behandeling gedood en niet geprikkeld tot uitkomen, zoals GRAINGER meende. Met chemische middelen gedode eieren konden na kleuring met acridine-oranje slechts voor een deel van levende eieren onderscheiden worden. Tijdrovende lokproeven bleven dus nodig om het effect van een chemische behandeling op cysten in grond of in vitro vast te stellen.
13. Verschillende nieuwe nematociden werden onderzocht. Dit heeft niet geleid tot de ontdekking van betere middelen dan in 1950 reeds bestonden, maar wel tot een beter inzicht in de eisen, die aan een nematocide voor gebruik onder Nederlandse omstandigheden gesteld moeten worden. Er wordt nu voornamelijk gezocht naar systemische nematociden.
14. Het onderzoek over de wek- of lokstof in aardappelworteldiffusaat was voornamelijk gericht op het vinden van methoden voor het scheiden van de stof, die de eieren van *Heterodera rostochiensis* doet uitkomen, van in dit opzicht inactieve bijmengsels. Van de vele methoden, die beproefd werden, bleek toepassing van het principe van de tegenstroomverdeling de beste resultaten te geven. Met behulp van een modern automatisch tegenstroom-apparaat zal hoogstwaarschijnlijk uit ruwe wekstof voldoende zuiver actief materiaal afgescheiden kunnen worden voor verdere chemische analyse.
15. Een bestaande machine voor het wassen van aardappelen kon zodanig verbeterd worden, dat ze grond en cysten volledig verwijderde van voorgeweekte aardappelen.
16. De inhoud van cysten in partijen aardappelen en gladiöle-knollen bleek gedood te kunnen worden door bepaalde natte ontsmettingen, zonder dat het behandelde plantmateriaal beschadigd werd. Met *Convallaria*-kiemen gelukte dit niet.

SUMMARY

BIOLOGY

In the past ten years extensive research has been done on the biology of *Heterodera rostochiensis*, both in the Netherlands and in other countries. The technique of the hatching experiments for determining the number of living larvae in cysts was improved considerably. Methods for exact determination of the number of eggs in cysts were devised.

Results of various experiments showed that the population increase of the nematode was highly density dependant even at low population-densities. Reduction of the encysted population in the absence of host plants appeared to occur almost exclusively during a few weeks in late spring or early summer when 25%–60% of the encysted eggs hatch. The hatched larvae die soon afterwards. In experiments males appeared to be essential for the production of eggs by the females of *H. rostochiensis*.

High populations of the nematode are decreased very strongly by growing resistant potatoes, but a low population-density may be maintained by these varieties. Roots of susceptible and resistant plants differ in their contents of certain amino-acids.

RESISTANCE

Extensive collecting and testing of wild and cultivated *Solanum* species has resulted in finding resistance against the potato cyst eelworm in a few lines of the cultivated *Solanum tuberosum* subsp. *andigena* and in a number of wild *Solanum* species. Only few larvae develop into females on these plants, but they all produce the hatching agent for *H. rostochiensis* eggs, and are more or less invaded by the larvae of this eelworm. Growing resistant potatoes on heavily infested land results in a reduction of the eelworm population by 70–90%. Low degrees of infestation are maintained however.

Resistance in *S. tuberosum* subsp. *andigena* clone C.P.C. 1673 depends on one dominant factor, in *S. kurtzianum* on two polymeric factors. In *S. vernei* the situation is much more complicated.

There are two races of the potato cyst eelworm in the Netherlands. One occurring in 25% of the infested fields, attacks *S. tuberosum* subsp. *andigena* lines and related potato varieties which are resistant against the race occurring more generally. Resistance against both races of the eelworm was found in *S. kurtzianum* and *S. vernei*. These species are now used in the breeding work.

BREEDING RESISTANT POTATOES

The breeding of eelworm resistant potatoes started in Wageningen in the end of 1951 when some seeds of the resistant clone C.P.C. 1673 of *Solanum tuberosum* subsp. *andigena* were obtained from England. The method of repeated back crossing was followed. At first only the Foundation for Plant Breeding at Wageningen worked on this project. However, from 1954 on material obtained after one or two back crossings with commercial potato varieties has been supplied to private potato breeders. Ten lines, which meet the high requirements of the growers, are available now. They are exempt from the legal ban on growing potatoes on infested land if a four course or longer rotation is maintained.

BIOLOGICAL CONTROL

A number of known and undescribed fungi, found in cysts collected in the Netherlands and in Peru, appeared to attack eggs within the cysts of *H. rostochiensis*. *Theratomyxa weberi* ZWILLENBERG, an amoeboid organism did the same in laboratory experiments. However no appreciable reduction of the number of encysted eggs in soil infested with the potato cyst eelworm could be obtained by inoculating the latter with large quantities of these predaceous organisms.

Both in pot and field experiments the type of manure (organic manure or fertilizer) given to the soil had little effect on changes in population density of *H. rostochiensis* under an immune crop such as beans or when growing potatoes. Therefore neither biological control nor manuring seem at present of much importance in the combat against potato sickness.

CHEMICAL CONTROL

After a DD treatment of infested soil only one potato crop can be grown. Therefore the treatment is too expensive for potato-growing.

Eggs in cysts are killed by DD and not induced to hatch, as was thought by GRAINGER. Only part of the eggs killed by chemical treatments could be distinguished from living eggs after staining with acridinorange. Time consuming hatching tests remained necessary for assessing the effect of a chemical treatment on cysts in soil or in vitro. Various new nematicidal compounds were tested. No better nematicides were discovered than those already existing in 1950, but a better understanding was obtained of the necessary properties of a nematicide which is to be used under Dutch conditions. The research is now mainly aiming at the finding of systemic nematicides.

INVESTIGATIONS ON THE HATCHING FACTOR

The investigations on the hatching agent in potato root diffusate were aimed at finding methods for the separation of the substance which makes the eggs of *Heterodera rostochiensis* hatch from inactive admixtures. The application of the principle of countercurrent distribution appeared to be the most effective of the methods, which were tested.

Most probably an amount of sufficiently pure active compound large enough for further analysis can be extracted from crude hatching agent with the help of a modern automatic countercurrent apparatus.

WASHING AND DESINFECTING POTATO TUBERS

The performance of an existing machine for washing potatoes could be improved to such a degree that soil and cysts were completely removed from presoaked tubers.

Cysts on potato tubers and gladiolus corms could be killed by disinfection in solutions of certain organic mercurials without damaging the plant material. No satisfactory treatment of *Convallaria* pips could be devised. For the Netherlands this plant is of no importance however.

LIJST VAN PUBLIKATIES VAN LEDEN VAN DE WERKGROEP

- BIJLOO, J. D., 1954: Enige proeven ter bestrijding van cysten van *Heterodera rostochiensis* tussen de wortels van *Conwallaria*-bloekiemen. Tijdschr. Pl.ziekten **60**: 199-202.
- BIJLOO, J. D., 1955: Proeven ter bestrijding van *Heterodera rostochiensis* door het wassen en ontsmetten van aardappelen. Tijdschr. Pl.ziekten **61**: 47-51.
- BIJLOO, J. D., 1956: Een eenvoudige methode voor het bepalen van de inhoud van grote aantallen cysten van *Heterodera*soorten. Med. Landb.hogesch. Opz. Sta. Gent **20**: 291-300.
- BIJLOO, J. D., 1956: De nematicide werking van N 244 (3-p-chloorphenyl-5-methylrhodanine) en van N 521 (3-5-dimethyltetrahydro-1-3-5-2H-thiadiazine-2-thion). Med. Landb.hogesch. Opz. Sta. Gent **21**: 377-386.
- BIJLOO, J. D. & BOOGAARS, P. A. M., 1956: Population decrease of *Heterodera rostochiensis* after DD treatment of the soil. Nematologica **1**: 20-29.
- BIJLOO, J. D., BRAVENBOER, L. & OOSTENBRINK, M., 1954: Grondontsmetting bij de tomateteelt ter bestrijding van het aardappelcystenaaltje. Med. Dir. Tuinb. **17**: 804-810.
- HUIJSMAN, C. A., 1955: Breeding for resistance to the potato-root eelworm. Data on the inheritance of resistance in andigenum-tuberosum-crosses obtained in 1954. Euphytica **4**: 133-140.
- HUIJSMAN, C. A., 1956: Breeding for resistance to the potato-root eelworm in the Netherlands. Nematologica **1**: 94-99.
- HUIJSMAN, C. A., 1957: Veredeling van de aardappel op resistentie tegen *Heterodera rostochiensis* Wollenweber. Proefschrift Landbouwhogeschool Wageningen, 1957.
- HUIJSMAN, C. A., 1958: Veredeling van de aardappel op resistentie tegen aardappelmoehheid. Meded. no. 20 v. d. Stichting voor Plantenveredeling, Wageningen.
- HUIJSMAN, C. A., 1958: Resistance to the potato-root eelworm in *S. tuberosum* subsp. *andigena* and its importance for potato breeding. Netherlands J. Agric. Science **6**: 39-46.
- HUIJSMAN, C. A., 1959: Prüfungsmethoden zur Ermittlung der Populationsdynamik des Kartoffelälchens und der Nematodenresistenz. Vorträge anlässlich eines Symposiums vom 14-16 Juli 1958 im Institut für Pflanzenzüchtung Gross-Lüsewitz der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin, 1959: 5-13.
- HUIJSMAN, C. A., 1959: Neue Entwicklungen in der Züchtung von resistenten Kartoffeln gegen *Heterodera rostochiensis*. Berichte über den Zweiten Kongress der „Eucarpia“, Köln 6 bis 10 Juli 1959.
- HUIJSMAN, C. A., 1960: Nature and inheritance of the resistance to the potato-root eelworm, *Heterodera rostochiensis* WOLL. in *Solanum kurtzianum*. Med. Landb.hogesch. Opz. Sta. Gent **24**: 611-615.
- HUIJSMAN, C. A., 1960: Some data on the resistance against the potato-root eelworm (*Heterodera rostochiensis* W.) in *Solanum kurtzianum*. Euphytica **9**: 185-190.
- HUIJSMAN, C. A., 1960: The influence of growing potato varieties with resistance to the potato-root eelworm on populations of this parasite. Nematologica (in press).
- JANZEN, G. J., 1958: Wekstof uit de aardappelplant. T.N.O. nieuws **13**: 579-584.
- JANZEN, G. J., 1959: Aardappelmoehheid. Groninger universiteitsblad **10**: 78-83.
- JANZEN, G. J. & VAN DER TUIN, F., 1956: The unknown hatching agent for the potato-root eelworm. Nematologica **1**: 126-137.
- LAAN, P. A. VAN DER, 1954: Nader onderzoek over het aaltjesvangende amoeboïde organisme *Theratomyxa weberi* Zwillenberg. Tijdschr. Pl.ziekten **60**: 139-145.
- LAAN, P. A. VAN DER, 1956: The influence of organic manuring on the development of the potato-root eelworm, *Heterodera rostochiensis* Nematologica **1**: 112-125.
- LAAN, P. A. VAN DER, 1956: Onderzoekingen over schimmels die parasiteren op de cyste-inhoud van het aardappelcystenaaltje (*Heterodera rostochiensis* Woll.) Tijdschr. Pl.ziekten **62**: 305-321.
- LAAN, P. A. VAN DER & BIJLOO, J. D., 1955: Bepaling van de vitaliteit van de cysteninhoud van het aardappelcystenaaltje (*Heterodera rostochiensis* Woll.) door fluorochromeren met acridine orange. Tijdschr. Pl.ziekten **61**: 69-75.
- LAAN, P. A. VAN DER & HUIJSMAN, C. A. 1957: Een waarneming over het voorkomen van physiologische rassen van het aardappelcystenaaltje, welke zich sterk kunnen vermeerderen in resistente nakomelingen van *Solanum tuberosum* subsp. *andigena*. Tijdschr. Pl.ziekten **63**: 365-368.
- OOSTENBRINK, M., 1950: Het aardappelaaltje (*Heterodera rostochiensis* WOLL.) een gevaarlijke parasiet voor de eenzijdige aardappelcultuur. Versl. Med. Pl.ziektenk. Dienst, No. 115.
- OOSTENBRINK, M. & STORMEEL, W. J., 1953: Ontsmetting van bloembollen tegen *Heterodera rostochiensis*. Tijdschr. Pl.ziekten **59**: 1-8.

- OUDEN, H. DEN, 1958: A new method for culturing plants enabling the observation of nematodes on growing roots. Tijdschr. Pl.ziekten **64**: 269-272.
- OUDEN, H. DEN, 1960: Periodicity in spontaneous hatching of *Heterodera rostochiensis* in the soil. Nematologica (Suppl. II 1960): 101-105.
- OUDEN, H. DEN, 1960: A note on parthenogenesis and sex determination in *Heterodera rostochiensis* Woll. Nematologica **5**: 215-217.
- OUDEN, H. DEN, 1960: An improved method for making thin agar layers in polyethylene bags. Nematologica **5**: 255-259.
- SEINHORST, J. W., BIJLOO, J. D. & KLINKENBERG, Mej. C. H., 1956: Een vergelijking van de nematicide werking van DD en van 3-5-dimethyltetrahydro-1-3-5-2H-thiadiazine-2 thion. Med. Landb.hogesch. Opz. Sta. Gent. **21**: 387-395.
- TOXOPEUS, H. J., 1954: De huidige stand van het kweken op resistentie tegen aardappelmotheid. Landb. Tijdschrift **66**: 537.
- TOXOPEUS, H. J., 1954: Kwekerswerk in strijd tegen aardappelmotheid. Fries Landbouwblad, 19 maart.
- TOXOPEUS, H. J., 1954: Op zoek naar aardappelen resistent tegen aardappelmotheid. Overijssels Landbouwblad, 18 februari.
- TOXOPEUS, H. J., 1956: Some remarks on the development of new biotypes in *Heterodera rostochiensis* that might attack resistant potato clones. Nematologica **1**: 100-101.
- TOXOPEUS, H. J., 1958: Over de aard van de resistentie tegen het aardappelcystenaaltje en over het nieuw opgetreden ras van deze parasiet. Zaadbelangen **12**: 68-71.
- TOXOPEUS, H. J. & HUIJSMAN, C. A., 1952: Genotypical background of resistance to *Heterodera rostochiensis* in *Solanum tuberosum* var. *andigenum*. Nature **170**: 1016.
- TOXOPEUS, H. J. & HUIJSMAN, C. A., 1953: Breeding for resistance to the potato-root eelworm. Preliminary data concerning the inheritance and the nature of resistance. Euphytica **2**: 180-186.
- WEBER, A. PH., ZWILLENBERG, L. O. & LAAN, P. A. VAN DER, 1952: A predacious amoeboid organism destroying larvae of the potato-root eelworm and other nematodes. Nature Lond. **169**: 834.