

OVER DE INVLOED VAN VERSCHILLENDE GEWASSEN
OP DE VERMEERDERING VAN EN DE SCHADE DOOR
PRATYLENCHUS PRATENSIS EN *PRATYLENCHUS PENE-*
TRANS (VERMES, NEMATODA),

MET VERMELDING VAN EEN AFWIJKEND MOEHEIDSVERSCIJNSEL
BIJ HOUTIGE GEWASSEN

*With a summary: The influence of different crops on the reproduction of and
damage by *Pratylenchus pratensis* and *Pratylenchus penetrans* (Vermes, Nematoda),
with a record of an unidentified sickness in woody perennials*

DOOR

M. OOSTENBRINK

Plantenziektenkundige Dienst (P.D.), Wageningen

INLEIDING

Pratylenchus pratensis (DE MAN) FILIPJEV 1934 en *Pratylenchus penetrans* (COBB) SHER et ALLEN 1953 zijn bij vroeger onderzoek naar voren gekomen als belangrijke veroorzakers van vruchtwisselingseffecten en moeheidsverschijnselen bij verschillende gewassen op de lichtere gronden. Hierbij bleek *pratensis* o.a. schadelijk voor granen terwijl aardappelen en bieten weinig gevoeligheid vertoonden en de populatie drukten. Voor *penetrans* bleken aardappelen en vooral houtige gewassen gevoelig en granen en bieten ongevoelig (1954, 1955).

Aansluitend volgen hier resultaten van veldproeven, die de invloed van verschillende gewassen op deze aaltjesaantastingen, en ook op een afwijkend moeheidsverschijnsel in de boomkwekerij, aantonen en eventueel verklaren.

PROEFOPZET

Op twee proefpercelen met gemengde populaties van *penetrans* en *pratensis* werd twee jaren achtereenvolgend, in 1953 en 1954, een serie van 11 gewassen (voorvruchten) geteeld, elk gewas op 3 willekeurig verspreid liggende veldjes van 4 × 4 m. Om de hierdoor ontstane verschillen in de aaltjespopulaties te demonstreren, werden in 1955 dwars over elk veldje heen stroken gelegd van verschillende toetsgewassen. Alle gewassen werden zoveel mogelijk geteeld onder voor de praktijk normale omstandigheden.

De beide proefpercelen, aangeduid als N. en W., bestonden uit humeuze zandgrond en lagen ongeveer 20 km uit elkaar. Zij waren gekozen omdat er in 1952 moeheidsverschijnselen optraden bij boomkwekerijgewassen ten gevolge van aantasting door *penetrans*, namelijk bij *Crataegus*-soorten op perceel N. en bij *Prunus*-soorten op perceel W. Beide velden bleken echter eveneens een klein aantal *pratensis* te bevatten. De geteelde gewassen waren van plaatselijk belang of werden gekozen in verband met de te onderzoeken *Pratylenchus*-soorten.

In 1953, 1954 en 1955 werd, telkens vóór de aanvang van het groeiseizoen, de aaltjespopulatie van elk veldje bepaald door een onderzoek van 100 of

200 cm³ grond uit de bovenste 20 cm van de bouwvoor, ongeveer volgens een voor het nematocidenonderzoek met *Hoplolaimus* beschreven techniek (1954a). Tevens werd in de zomer van 1953, 1954 en 1955 voor elk gewas en elk veldje afzonderlijk onderzocht hoeveel aaltjes er per 10 g wortels aanwezig waren volgens een gestandaardiseerde trechter-sproeiermethode. Bij beide methoden ging een deel der aaltjes verloren, hetgeen echter voor alle monsters gold en de reproduceerbaarheid der uitkomsten niet storend beïnvloedde. Bij het grond-zowel als bij het wortelonderzoek werden nog andere *Tylenchida* en ook veel saprofage aaltjes gevonden, doch geen soorten die als plantenparasiet bekend waren of die verdacht werden een rol van betekenis te spelen. Daarom zijn verder alleen de aantallen *Pratylenchus* vermeld.

Van bepaalde monsterseries werden de *Pratylenchus*-populaties gesplitst in *pratensis* en *penetrans*. Daarvoor werden dan van elk monster 20 exemplaren bij sterke vergroting gedetermineerd. De identificatie is gebaseerd op de tabel van SHER & ALLEN (1953). De mogelijkheid bestaat, dat de Nederlandse populaties nog „rasverschillen” zullen blijken te vertonen met de in de U.S.A. aangewezen neo-typen van de betreffende soorten.

Van de in 1955 geteelde toetsgewassen werd de groei en opbrengst per veldje bepaald. De gekozen criteria komen overeen met in de praktijk gangbare maatstaven.

Voor elk proefveld werden 17 series van 33 waarnemingsgetallen verkregen, die wiskundig werden verwerkt zonder voorafgaande transformatie, hoewel voor dit laatste wellicht argumenten aangevoerd kunnen worden. Zij werden getoetst volgens een gebruikelijke methode, waarbij voor elke serie de variantieverhouding (F-waarde) en de standaardafwijking ($\delta x = \delta : \sqrt{3}$) werden berekend (SNEDECOR, 1946).

GEGEVENS

De resultaten van het onderzoek zijn samengevat in de tabellen 1, 2 en 3 en in de afbeeldingen 1, 2 en 3.

De in 1953 en 1954 verbouwde gewassen betroffen 4 landbouwgewassen (Noordeling aardappel, Marne resp. Zonne haver, Petkuser zomerrogge, Groenkraag voederbiet) en 7 gezaaide boomkwekerijgewassen (*Laburnum anagyroides*, *Crataegus* sp., *Pinus silvestris*, *Picea excelsa*, *Prunus mahaleb*, *Rosa canina*, *Malus pumila*).

In 1953 groeiden op beide proefvelden de landbouwgewassen goed. Van de boomkwekerijgewassen was *Pinus silvestris* niet te beoordelen en de overige groeiden zo slecht, dat geen leverbare maat werd bereikt, behalve bij *Rosa canina* op beide proefvelden en bij *Laburnum anagyroides* op proefveld W. die een matig gewas leverden.

In 1954 groeiden de landbouwgewassen op proefveld N. goed en op proefveld W. matig goed. De in de plaats van *Pinus silvestris* gezaaide *Picea excelsa* was niet te beoordelen, evenmin als de slecht opgekomen *Prunus avium* op proefveld W. De overige boomkwekerijgewassen waren, wellicht dank zij een zwaardere bemesting, iets beter ontwikkeld dan in 1953. Op beide proefvelden was in 1954 *Rosa canina* het bestgroeiende en *Laburnum anagyroides* het slechtstgroeiende boomkwekerijgewas.

Uit het grondonderzoek vóór de aanvang van de proef bleek, dat op beide

percelen oorspronkelijk een matig hoge *Pratylenchus*-besmetting aanwezig was, die tussen de objecten niet betrouwbaar verschilde (tabel 1, kolom 2). Voor beide percelen bleken de 33 afzonderlijke besmettingscijfers een normale spreiding te vertonen. Het werd daarom verantwoord geacht op deze en op de latere aaltjescijfers een variantie-analyse toe te passen. Het resultaat van het grondonderzoek voorjaar 1954 (tabel 1, kolom 4) toont de invloed van de verschillende gewassen op de *Pratylenchus*-populatie als geheel. Het grondonderzoek voorjaar 1955 geeft het cumulatief effect van twee jaren verbouw van deze gewassen op de gehele *Pratylenchus*-populatie, maar tevens op *P. pratensis* en *P. penetrans* afzonderlijk (tabel 1, kolom 6).

Het wortelonderzoek van de gewassen zomer 1953 en zomer 1954 geeft aanvullende cijfers, die op dezelfde wijze als de resultaten van het grondonderzoek wiskundig zijn verwerkt, echter nu zonder dat te voren aangetoond kon worden dat in een blanco-proef een normale spreiding optreedt (tabel 1, kolommen 3 en 5).

Tabel 2 demonstreert de invloed van de verschillend hoog opgebouwde *Pratylenchus*-populaties op de aantasting en de groei van de in 1955 geteelde toetsgewassen. Deze waren: roos (*Rosa canina* L.), aardappel (*Solanum tuberosum* L.), rogge (*Secale cereale* L.), veredelde appelboompjes met eenjarige oculatie (*Malus*) en daaronder rode klaver (*Trifolium pratense* L.). De wijze van telen blijkt uit fig. 2 en 3. Elk toetsgewas besloeg op elk veldje een strook van 4×1 m². Bij drie herhalingen wordt dit op elk proefveld 12 m² per object. Het aantal aaltjes in de wortels is bepaald bij roos en bij rogge, doch niet bij de andere toetsgewassen. De opbrengstcijfers van de rogge en de rode klaver zijn in tabel 2 niet opgenomen aangezien dit voor de discussie niet nodig was.

De veredelde appelboompjes betroffen 4 verschillende soorten, namelijk Golden Delicious op EM-type XI, Golden Delicious op EM-type IV, James Grieve op EM-type IV, Jonathan op EM-type I. Op elk veldje werd van elke soort 1 boom geplant, zodat de totale scheutlengte per veldje steeds op de som van 4 verschillende boompjes betrekking heeft.

DISCUSSIE EN CONCLUSIES

Alle series waarnemingsgetallen van tabel 1 en 2 blijken, vanaf het op gang komen van de proeven, significante tot zeer significante verschillen te vertonen. Bij de discussie en de conclusies is met de betrouwbaarheid van de verschillen steeds rekening gehouden, hetgeen blijkt uit bij de tabellen vermelde standaardafwijkingen.

De invloed van de verschillende gewassen op de Pratylenchus-populaties

De oorspronkelijk gelijkmatige *Pratylenchus*-besmetting in de bouwvoor (tabel 1, kolom 2) blijkt reeds na één teeltjaar verschillen te vertonen van de orde van 1 op 5 tot 1 op 10 (tabel 1, kolom 4), die door de tweede teelt van dezelfde gewassen niet duidelijk meer gewijzigd zijn (tabel 1, kolom 6). Deze verschillen blijken vooral het gevolg van de sterke stijging van het aantal aaltjes op de met landbouwgewassen beteelde veldjes.

De *Pratylenchus*-populaties blijken dus zeer dynamisch te zijn en de gewassen op de voet te volgen, hetgeen voor *pratensis* reeds vroeger werd geconstateerd (1954).

Uit tabel 1, kolommen 5 en 6 blijkt de selectieve invloed van de gewassen op

de gemengde *Pratylenchus*-populaties. Aan de hand van het wortelonderzoek volgens tabel 1, kolom 5 is hierover reeds voorlopig bericht (1955).

In twee jaar hebben de voor *pratensis* gevoelige granen op de velden N. en W. resp. 7,0 en 6,8 keer zoveel *pratensis* aangekweekt als de andere gewassen; t.a.v. aardappelen was dit resp. 3,6 en 6,7 keer en t.a.v. bieten 5,1 en 4,8 keer (tabel 1, kolom 6a). Dit stemt overeen met vroeger verzamelde gegevens, die eveneens granen als efficiënte waardplanten van *pratensis* aanwezen en die het belang van aardappelen en bieten in de vruchtwisseling ter voorkoming van schade bij de graanteelt onderstreepten (1954). Ook boomkwekerijgewassen zullen in dit opzicht dus goede voorvruchten voor granen kunnen zijn.

De voor *penetrans* gevoelige boomkwekerijgewassen en aardappelen blijken dit aaltje minder sterk te vermeerderen dan de niet-gevoelige granen. Deze laatste hebben de hoogste besmettingsgraden van *penetrans* opgebouwd (tabel 1, kolom 6b). (Bij haver van proefveld N. lijkt de sortering nog iets te ver in de richting van *pratensis* te zijn uitgevallen; ook het wortelonderzoek van het voorgaande gewas volgens tabel 1, kolom 5 en van de in tabel 2, kolom 3 vermelde toetsgewassen wijst hierop). Na de granen volgen de aardappelen, *Laburnum anagyroides* en op proefveld W. ook *Rosa canina*. Tenslotte volgen, met lagere besmettingscijfers, de overige boomkwekerijgewassen en bieten. Het blijkt dus, dat ten opzichte van *penetrans* de gevoeligheid van de gewassen en hun aaltjesvermeerderend vermogen los van elkaar staan. Op grond van de voorgenoemde gegevens mag men verwachten, dat *penetrans*-aantasting bij boomkwekerijgewassen en aardappelen door vruchtwisseling met rogge en haver zal verergeren in plaats van verbeteren, hetgeen bij navraag in overeenstemming blijkt met de praktijkervaring.

Bieten blijken van de vier onderzochte landbouwgewassen de lichtstbesmette grond na te laten. Het aantal *penetrans* was op de velden N. en W. resp. 4,8 en 3,3 keer lager dan na granen en resp. 2,8 en 2,6 keer lager dan na aardappelen. Bij *penetrans*-aantasting van aardappelen zal men dit gewas dus het beste kunnen telen na bieten.

De boomkwekerijgewassen hebben, met uitzondering van *Laburnum anagyroides* op beide proefvelden en *Rosa canina* op proefveld W., een nog lagere aaltjesbesmetting nagelaten dan bieten. De lage besmettingsniveaux na boomkwekerijgewassen blijken echter nog voldoende hoog om deze gewassen merkbaar te schaden, hetgeen hun matige tot slechte ontwikkeling in de loop van de proef aantoon, evenals het optreden van aaltjesschade in de praktijk op bedrijven met voortdurende boomteelt.

Vruchtwisseling met het meest gunstige landbouwgewas, bieten, zal hier dus weinig of geen verbetering kunnen brengen in vergelijking met eenzijdige boomteelt. Het is mogelijk, dat bepaalde boomkwekerijgewassen bij een lichtere aantasting en in verband daarmee betere groei meer efficiënte aaltjesvermeerderers zullen blijken te zijn en dat de teelt van bieten preventief dus toch niet zonder betekenis is. Er kan echter nog geen vruchtomloop aangegeven worden die besmette velden voor de boomteelt ongevaarlijk kan maken, tenzij alsnog gewassen worden gevonden die de aaltjespopulatie méér drukken dan bieten of tenzij bepaalde opvolgingen van boomkwekerijgewassen onderling zeer gunstig zullen blijken te zijn. (Afwisseling van de verschillende boomkwekerijgewassen is in elk geval wél van belang om een ander soort moeheidsverschijnsel te voorkomen, waarop nader wordt teruggekomen.)

Het voorgaande verklaart de als regel lage *penetrans*-populaties in besmette boomkwekerijen, de neiging van de praktijk om bij optreden van *penetrans*-aantasting nog op de oude wijze voort te gaan, het overblijven van moeheid in de grond ook als tientallen jaren geen boomteelt plaats vindt en het soms optreden van moeheid op akkerbouwland bij het eerste boomkwekerijgewas.

De in de zomer van 1953 en van 1954 onderzochte wortelmonsters hebben cijfers gegeven (tabel 1, kolommen 3 en 5), die het grondonderzoek aanvullen. Het wortelonderzoek en het grondonderzoek hebben als criteria niet dezelfde betekenis. De uitkomsten houden echter verband met elkaar via de wortelmassa in de bemonsterde bovenlaag, waarbij het groeistadium en de groeiduur van de plant nog van invloed kunnen zijn. Uit de literatuur is bekend, dat haver en rogge bij normale ontwikkeling een duidelijk grotere wortelmassa hebben dan bieten en deze weer duidelijk groter dan aardappelen, ongeveer in de verhouding 3:2:1. Dit geldt voor de totale wortelmassa, maar ook voor het gedeelte in de bovenste 20 cm van de grond, dat bij alle gewassen ruim de helft van het totaal bedraagt (GOEDEWAAGEN & SCHURMAN, 1950, aangevuld met een recente persoonlijke mededeling; KÖNNECKE, 1951; KÖHNLEIN, 1955). De wortelmassa van een aantal gezaaide boomkwekerijgewassen bleek volgens eigen bepalingen ongeveer de helft van die van aardappelen te zijn of in enkele gevallen daaraan gelijk te zijn.

In de wortels van elk der 11 gewassen blijken beide *Pratylenchus*-soorten in verschillende stadia van ontwikkeling voor te komen (tabel 1, kolom 5). Dit wijst op het polyfage karakter van het aaltje. Desondanks blijken er in de verhouding plant-parasiet grote verschillen op te treden en blijkt elk gewas zijn eigen gevoeligheid en zijn eigen maximale aaltjesniveau te hebben.

P. pratensis blijkt een veel grotere dichtheid te hebben bereikt in de wortels van de granen dan in die van andere gewassen, namelijk op de proefvelden N. en W. respectievelijk gemiddeld ± 5 en ± 9 keer zo groot (tabel 1, kolom 5a). Dit kan de schadelijkheid van *pratensis* juist voor de granen verklaren. Het verklaart, met de grote wortelmassa, tevens de hoge *pratensis*-besmetting van de grond na de teelt van granen (tabel 1, kolom 6a).

Vergelijking van het grond- en wortelonderzoek uit tabel 1 wijst er op, dat bij *penetrans*-aantasting de gevoeligheid van de gewassen dikwijls niet in de eerste plaats samengaat met een grotere aaltjesdichtheid in de wortels, maar met een kleiner wortelstelsel. De granen, aardappelen en de meeste boomkwekerijgewassen blijken per 10 g wortels geen duidelijke verschillen in *penetrans*-aantasting te vertonen (tabel 1, kolommen 3 en 5b). Zij vertonen in deze volgorde echter wel een dalende totale aaltjesproductie (tabel 1, kolom 6b), hetgeen het gevolg moet zijn van een afnemende wortelmassa. Zoals reeds vermeld, is bij deze gewassen onder normale omstandigheden dezelfde verhouding in wortelmassa vastgesteld. Dit wijst er op dat ook in dezelfde volgorde toenemende gevoeligheid een direct gevolg van deze dalende wortelmassa kan zijn. Er zijn meer aanwijzingen dat bij *penetrans*-aantasting de wortelmassa van het gewas dikwijls de bepalende factor is voor het optreden van schade zowel als voor de hoogte van het aaltjesniveau. Dit verklaart de moeilijkheid om *penetrans*-aantasting door vruchtwisseling te bestrijden, aangezien ongevoelige gewassen dikwijls door hun vele wortels ook veel aaltjes aankweken en daardoor slechte voorvruchten zijn. Dit geldt dus o.a. voor de granen.

Laburnum anagyroides en biet blijken de enige gewassen, waarbij per 10 g wortels het totaal aantal *Pratylenchus* (tabel 1, kolommen 3 en 5), en ook het aantal *penetrans* alleen (tabel 1, kolom 5b), zeer duidelijk verschilt van de overige gewassen. *Laburnum* blijkt ten aanzien van *penetrans* dus de geringste en biet de grootste resistentie (terminologie volgens QUANJER, 1942) te vertonen. Dat de besmettingsgraad van de grond na bieten (tabel 1, kolom 6b) niet veel verder gezakt is, zal zijn verklaring moeten vinden in de betrekkelijk grote wortelmassa van dit gewas. De vele wortels en het kleine aantal aaltjes per wortel-eenheid verklaren, waarom bieten in met *penetrans* besmette grond geen schade ondervinden.

De invloed van de verschillend hoog opgebouwde Pratylenchus-populaties op de toetsgewassen

De wortels van de in 1955 geteelde toetsgewassen blijken in overeenstemming met de grondbemesting aangetast te zijn. Dit werd door wortelonderzoek bij roos en rogge op beide proefvelden geconstateerd en geldt dus vrijwel zeker ook voor de andere toetsgewassen (tabel 2, kolommen 2 en 3). De verschillen in aantasting zijn bij de toetsgewassen appel, roos, aardappel en rogge als duidelijke groeiverschillen tot uiting gekomen (tabel 2, kolom 4), waarbij wel aangenomen moet worden dat de eerste drie meer door *penetrans* en de rogge meer door *pratensis* geleden hebben (blz. 189).

P. pratensis en *P. penetrans* staan bekend als primaire veroorzakers van slechte groeiverschijnselen (1954, 1955). Zij zijn, ook volgens inoculatieproeven en indicatieproeven met nematicide grondontsmettingsmiddelen, de oorzaak gebleken van de geregeld op de percelen N. en W. optredende moeheidsverschijnselen. De groeiverschillen bij de toetsgewassen (tabel 2, kolom 4) zullen dus in elk geval grotendeels door hen veroorzaakt zijn, ook gezien de zware aantasting en het nauwe verband tussen de groeiremming en het aantal aaltjes in de grond en de wortels.

Het is echter wel zeker, dat tegelijk met de *Pratylenchus*-populaties ook de populaties van andere aaltjessoorten, en eveneens nog andere factoren, in verband met de voortelt zijn veranderd. In twee gevallen, die hierna worden genoemd, moet met deze bijkomstige factoren rekening worden gehouden bij de interpretatie van de cijfers.

In de eerste plaats zijn op de zwaar met aaltjes besmette graanveldjes bij de toetsgewassen extra veel Collembolen opgetreden, die door een plaatselijke begieting met een chloordaanproduct volgens een algemeen voorschrift zijn bestreden. De mogelijkheid, dat een of meer toetsgewassen op deze veldjes door de Collembolen en/of de behandeling invloed hebben ondervonden, moet dus in acht worden genomen. Zij verhindert echter niet het trekken van de conclusies, aangezien het verband tussen aaltjes en groei ook bij de niet-behandelde objecten bestaat, terwijl anderzijds bepaalde toetsgewassen, zoals de diepgeplante appelboompjes, van de Collembolen noch van de behandeling kunnen hebben geleden.

Bij de toetsgewassen roos en appel blijkt verder op zeer bepaalde veldjes nog een onverklaarde groeiremming op te treden, die op blz. 195 nader wordt beschreven.

Ondanks deze en mogelijk nog onopgemerkte bijkomstige invloeden blijft het redelijk aan te nemen, dat het groeiverschil bij de toetsgewassen, dat hierna

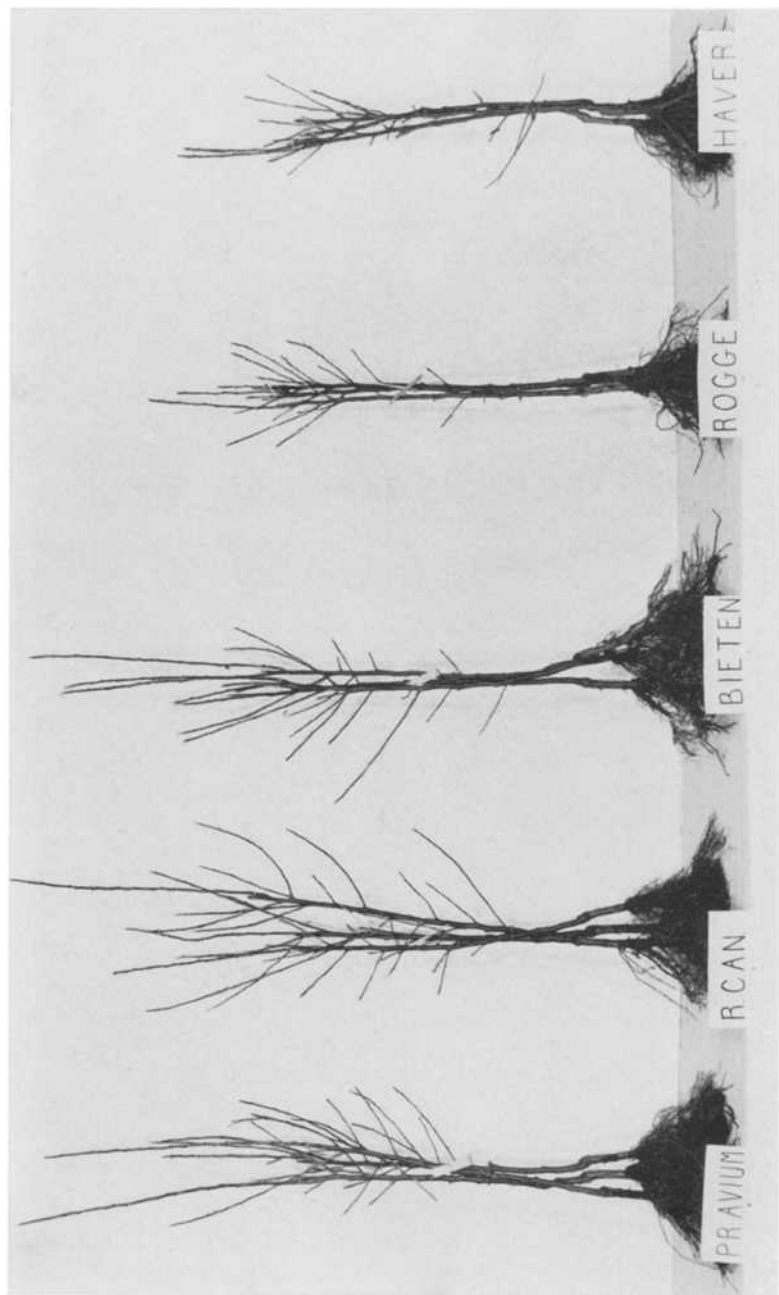


FIG. 1. Scheutgroei in 1955 bij appelboompjes met 1 jaar oude oculatie (Golden Delicious op E.M.-type IV, de drie herhalingen van proefveld N. bijeen), v.l.n.r. na de voorvruchten *Prunus avium*, *Rosa canina*, biet, rogge, haver. *Pratylenchus*-besmetting per 100 cc grond voorjaar 1955 respectievelijk gemiddeld 46, 55, 88, 480, 388

Shoot growth in 1955 in apple trees one year after grafting (Golden Delicious on E.M.-type IV, 3 replicates of field N. together). From left to right following the crops *Prunus avium*, *Rosa canina*, beet, rye, oats. Mean *Pratylenchus* infestation per 100 cc of soil in spring 1955: 46, 55, 88, 480 and 388 respectively



FIG. 2. Groei van het toetsgewas roos op proefveld W., van voor naar achteren na haver, *Prunus mahaleb*, rogge, *Malus pumila* en biet. *Pratylenchus* besmetting per 100 cc grond voorjaar 1955 respectievelijk 690, 105, 910, 40, 145

Growth of test crop rose in trial field W., from front to rear following oats, *Prunus mahaleb*, rye, *Malus pumila* and beet. *Pratylenchus* infestation per 100 cc of soil in spring 1955: 690, 105, 910, 40 and 145 respectively

wordt gespecificeerd, voor het grootste deel een gevolg moet zijn van het verschil in de *Pratylenchus*-aantasting.

Bij de veredelde appelboompjes blijkt de lengte van het in 1955 gegroeide schot per 4 boompjes, die dus van 4 verschillende soorten waren, sterk beïnvloed te zijn. In de herfst werden groeiverschillen gemeten van bijna 50 % van de betergroeiende objecten, terwijl ook de laatste vrijwel zeker nog in hun groei geremd zijn (tabel 2, kolom 4c). De slecht groeiende veldjes blijken op beide proefvelden ook de zwaarst besmette veldjes, hetgeen zowel m.b.t. *penetrans* alleen als m.b.t. *penetrans* + *pratensis* opgaat. De vier slechtste voorvruchten op beide proefvelden zijn rogge, haver, aardappel en *Laburnum anagyroides* geweest.

Ook wanneer als maatstaf de diktegroei van de stammetjes wordt genomen, blijkt duidelijk hetzelfde verband tussen voorvrucht resp. aaltjes en de groei; de betreffende cijfers zijn niet in de tabel opgenomen.

Wanneer de 4 soorten boompjes afzonderlijk worden bekeken, lijkt de scheutgroei op type XI minder groeiremming te vertonen dan op type IV en I. Ook dit is niet in de tabel vermeld. Zie fig. 1.

Bij aardappel blijkt hetzelfde verband tussen aaltjesaantasting en groeiremming te bestaan als bij de appelboompjes. In het algemeen zijn de groeiverschillen minder groot geweest dan men bij *penetrans*-aantasting in de praktijk kan aantreffen, behalve na de granen op het zwaarstbesmette proefveld W. (tabel 2, kolom 4b).

Ook bij rozen is de invloed van de voorvrucht groot geweest (fig. 2). Er is een duidelijk verband tussen aaltjesaantasting en groeiremming, dat echter enigszins beïnvloed is door het wegvallen van vele plantjes op de zwaar besmette graanveldjes en door het optreden van meeldauw vooral in de goedgroeiende veldjes (tabel 2, kolom 4a). Op de lichter besmette veldjes was de groei matig goed, doch niet optimaal, hetgeen ook niet was te verwachten.

De rogge was winterrogge, die door uitval op de graanveldjes laat in het voorjaar op beide proefvelden overgezaaid werd en toen niet meer doorschoot. Hij toonde in de eerste groei grote verschillen, in overeenstemming met de aaltjesaantasting (fig. 3), die echter in het voortdurende stoelende gewas mede tengevolge van meeldauwaantasting later grotendeels verdwenen. Uiteindelijk, in augustus 1955, bleek de groene massa geen betrouwbare verschillen meer te vertonen.

De rode klaver, die als ondervrucht tussen de appelboompjes was gezaaid, toonde geen duidelijke groeiverschillen en wordt daarom niet verder behandeld.

Specifieke, niet uit de Pratylenchus-aantasting te verklaren moeheidsverschijnselen bij rozen en appelboompjes

In het algemeen is er bij de toetsgewassen dus een duidelijk verband geconstateerd tussen de *Pratylenchus*-aantasting en de groeivertraging. Bij proefveld N. zijn echter twee uitzonderingen opgetreden, namelijk bij rozen na twee jaar rozen (*Rosa canina* L.), en bij appelboompjes na twee jaar appelzaailingen (*Malus pumila* MILL.). De gewassen op deze veldjes groeiden relatief slechter dan op grond van de aaltjescijfers kon worden verwacht. Dit was het gehele groeiseizoen 1955 in het veld duidelijk zichtbaar en blijkt ook uit tabel 2 door vergelijking van kolommen 2 en 3 met 4a en c.

Om te verifiëren, dat dit nieuwe verschijnsel met de aaltjesaantasting inder-

TABEL 1. Invloed van 11 gewassen op een gemengde populatie van *P. pratensis* en *P. penetrans*. Twee veldproeven, N. en W. Dezelfde gewassen op dezelfde veldjes twee jaren achtereenvolgend. Aantallen aaltjes per 100 cc grond en per 10 g wortels; gemiddelden van 3 herhalingsveldjes.

P. = *Pratylenchus*; *prat.* = *pratensis*; *pen.* = *penetrans*

Influence of 11 crops on a mixed population of *P. pratensis* and *P. penetrans*. Two field trials, N. and W. The same crops on the same plots for two years in succession. Eelworm numbers per 100 cc of soil and per 10 g of roots; means of 3 replicate plots.

P. = *Pratylenchus*; *prat.* = *pratensis*; *pen.* = *penetrans*

1	2	3	4	5	6
	Voorjaar '53, grond Spring 1953, soil	Zomer '53, wortels Summer 1953, roots	Voorjaar '54 grond Spring 1954, soil	Zomer 1954, wortels Summer 1954, roots	Voorjaar 1955, grond Spring 1955, soil
	<i>P.</i>	<i>P.</i>	<i>P.</i>	<i>P.</i>	<i>P.</i>
N.					
<i>Solanum tuberosum</i> L. (aardappel).	43	923	192	4.950 (474 + 4.476)	190 (57 + 133)
<i>Avena sativa</i> L. (haver)	53	823	308	5.366 (1.168 + 4.198)	388 (245 + 143)
<i>Secale cereale</i> L. (rogge)	36	940	263	4.242 (971 + 3.271)	480 (163 + 317)
<i>Beta vulgaris</i> L. (bietten)	27	217	192	484 (154 + 330)	88 (40 + 48)
<i>Laburnum anagyroides</i> MED. . . .	47	21.317	142	15.552 (395 + 15.157)	199 (55 + 144)
<i>Crataegus</i> sp.	55	2.783	33	3.671 (104 + 3.567)	73 (32 + 41)
<i>Pinus silvestris</i> L./ <i>Picea excelsa</i> Lx.	38	1.707	38	784 (215 + 569)	54 (24 + 30)
<i>Prunus avium</i> L.	48	890	13	1.309 (188 + 1.121)	46 (13 + 33)
<i>Prunus mahaleb</i> L.	50	3.497	29	3.133 (395 + 2.738)	61 (9 + 52)
<i>Rosa canina</i> L.	55	2.833	88	1.892 (0 + 1.892)	55 (19 + 36)
<i>Malus pumila</i> L.	27	1.453	42	1.384 (77 + 1.307)	39 (13 + 26)
F-waarde (variantie-verhouding) ¹⁾	1,26 ⁻	8,30 ⁺⁺	9,52 ⁺⁺	2,13 ±	43,1 ⁺⁺
Standaardafwijking ($\delta x = \delta : \sqrt{3}$) ²⁾	9,3	2093	33,6	257	23,0
	(21 %)	(62 %)	(28 %)	(68 %)	(15 %)
				(40 %)	(24 %)
					(33 %)

W.								
<i>Solanum tuberosum</i> L. (aardappel).	48	4.177	183	3.609	(382 +	3.227)	320	(63 + 257)
<i>Avena sativa</i> L. (haver)	60	1.020	346	5.742	(2.989 +	2.753)	671	(368 + 303)
<i>Secale cereale</i> L. (rogge)	38	1.563	363	7.192	(2.196 +	4.996)	822	(480 + 342)
<i>Beta vulgaris</i> L. (bietten)	59	587	183	1.233	(370 +	863)	185	(88 + 97)
<i>Laburnum anagyroides</i> MED.	31	7.388	325	13.741	(358 +	13.383)	180	(52 + 128)
<i>Crataegus</i> sp.	56	2.423	88	3.025	(99 +	2.926)	125	(41 + 84)
<i>Pinus silvestris</i> L./ <i>Picea excelsa</i> Lk.	51	3.165 ³⁾	67	3.214	(244 +	2.970)	102	(54 + 48)
<i>Prunus avium</i> L.	31	4.160	54	650	(98 +	552) ⁴⁾	80	(57 + 23)
<i>Prunus mahaleb</i> L.	33	2.220	88	4.742	(473 +	4.269)	127	(39 + 88)
<i>Rosa canina</i> L.	28	3.457	113	3.283	(466 +	2.817)	270	(122 + 148)
<i>Malus pumila</i> Mill.	37	4.290 ³⁾	75	783	(53 +	730)	67	(44 + 23)
F-waarde (variantie-verhouding) ¹⁾	1,72- 9,3 (22%)	2,96 ⁺ 1110 (35%)	6,32 ⁺⁺ 47,5 (28%)	8,27 ⁺⁺ 1298 (30%)	6,40 ⁺⁺ 380 (54%)	6,99 ⁺⁺ 1340 (37%)	23,4 ⁺⁺ 51,9 (19%)	9,59 ⁺⁺ 48,6 (38%)
Standaard-afwijking ($\delta_x = \delta : \sqrt{3}$) ²⁾								4,42 ⁺⁺ 53,1 (35%)

¹⁾ Variantie-verhouding berekend zonder transformatie. ++ = verschillen significant bij 99% -punt; + = bij 95% -punt; - = niet significant.

Variance ratio calculated without transformation. ++ = differences significant at 99% level; + = at 95% level; - = non significant.

²⁾ Drie, resp. twee keer de standaardafwijking kan worden beschouwd als het kleinste significante verschil bij het 99% -, resp. 95% -punt.

Three or two times the standard error may be taken as the least significant difference at 99 or 95% level respectively.

³⁾ Gecorrigeerde getallen, gebaseerd op 2 van de 3 herhalingsveldjes.

Corrected counts based on 2 out of 3.

⁴⁾ In 1954 groeide er in plaats van *Prunus avium* een natuurlijke onkruidvegetatie.

In 1954, weeds grew in place of *Prunus avium*.

TABEL 2. De invloed van de voortelt op de aaltjesaantasting van en de schade bij de toetsgewassen 1955 (zie ook tabel 1). Aantallen aaltjes per 100 cc grond en per 10 g wortels; boniteringscijfers van de toetsgewassen per 4 m²; alle getallen betreffen het gemiddelde van drie herhalingsveldjes.
P. = *Pratylenchus*; prat. = *pratensis*; pen. = *penetrans*
Influence of the preceding crops on eelworm infestation of and damage to the testing crops 1955 (c.f. table 1). Eelworm numbers per 100 cc of soil and per 10 g of roots; estimates of yield of test crops based on areas of 4 sq. metres; all figures are means of three replicate plots.
P. = *Pratylenchus*; prat. = *pratensis*; pen. = *penetrans*

1	2	(2a + 2b)	3a	3b	4a	4b	4c
Voortelt in 1953 en 1954 Preceding crops in 1953 and 1954	<i>Pratylenchus</i> per 100 cc grond Voorjaar 1955 <i>Pratylenchus</i> per 100 cc of soil, Spring 1955		<i>Pratylenchus</i> per 10 g wortels zomer 1955 <i>Pratylenchus</i> per 10 g of roots summer 1955		Bonitering van de toetsgewassen, najaar 1955 <i>Yield of the test crops, autumn 1955</i>		
			bij roos in rose	bij rogge in rye	Aantal leverbare planten van roos Number of marketable rose trees	Knolopbrengst van aardappel in kg Yield of ware potatoes in kg	Lengte nieuwe scheuten per 4 appelboompijps in cm Length of new shoots per 4 apple trees in cm
	P.	(prat. + pen.)	P.	P.			
	N.						
<i>Solanum tuberosum</i> L. (aardappel).	190	(57 + 133)	13.000	880	115	19,8	798
<i>Avena sativa</i> L. (haver)	388	(245 + 143)	23.300	3.650	93	18,3	682
<i>Secale cereale</i> L. (rogge)	480	(163 + 317)	20.750	5.673	90	16,9	586
<i>Beta vulgaris</i> L. (bietten)	88	(40 + 48)	3.058	567	136	21,4	1106
<i>Laburnum anagyroides</i> MED.	199	(55 + 144)	17.883	450	145	19,9	859
<i>Crataegus</i> sp.	73	(32 + 41)	4.900	142	122	20,6	1118
<i>Pinus silvestris</i> L. <i>Picea excelsa</i> Lk.	54	(24 + 30)	2.457	150	130	20,9	1152
<i>Prunus avium</i> L.	46	(13 + 33)	3.350	140	139	21,5	1221
<i>Prunus mahaleb</i> L.	61	(9 + 52)	6.167	207	133	19,8	1041
<i>Rosa canina</i> L.	55	(19 + 36)	2.772	987	107	21,3	1189
<i>Malus pumila</i> MILL.	39	(13 + 26)	2.875	147	159	21,2	904
F-waarde (variantie-verhouding) ¹⁾	43,1 ⁺⁺ 23,0	24,7 ⁺⁺ 15,1 30,0	40,7 ⁺⁺ 1270	5,70 ⁺⁺ 760	2,50 ⁺ 13,6	3,53 ⁺⁺ 0,77	4,76 ⁺⁺ 99
Standaardafwijking ($\delta x = \delta : \sqrt{3}$) ²⁾	(15 %)	(24 %) (33 %)	(14 %)	(64 %)	(11 %)	(3,8 %)	(10 %)

daad geen verband hield, werd op proefveld N. een extra onderzoek ingesteld naar de aaltjesaantasting bij rozen na de voorvruchten rogge (*Secale cereale*), rozen (*Rosa canina*) en coniferen (*Pinus sylvestris* in 1953, *Picea excelsa* in 1954). Van deze objecten werd op 7 september 1955 een contrôle-monster van rozenplantjes + aanhangende grond genomen, waarbij het materiaal van de drie herhalingsveldjes bijeen werd gevoegd. De resultaten van het grond- en wortelonderzoek zijn samengevat in tabel 3, tegelijk met de bijbehorende opbrengstcijfers, en bevestigen de voorgenoemde waarneming.

TABEL 3. Contrôle-onderzoek op proefveld N. van het toetsgewas rozen na de voorvruchten *Secale cereale*, *Rosa canina* en *Pinus/Picea* sp. Bemonstering op aaltjes 7 september 1955. Opbrengstbepaling november 1955

Check examination on trial field N. of the test crop rose following the preceding crops Secale cereale, Rosa canina and Pinus/Picea sp. Sampling for eelworms on 7 september 1955. Crop evaluation November 1955

Voorteelt in 1953 en 1954 <i>Preceding crops in 1953 and 1954</i>	Aantal <i>Pratylenchus</i> <i>Number of Pratylenchus</i>		Aantal planten per 4 m ² <i>Number of plants per 4 m²</i>	
	per 100 cc grond/of soil	per 10 g wortels/of roots	leverbaar <i>marketable</i>	totaal <i>total</i>
<i>Secale cereale</i> L. . . .	480	21.600	90	371
<i>Rosa canina</i> L. . . .	10	2.850	107	362
<i>Pinus/Picea</i> sp. . . .	30	1.265	130	429

De in tabellen 2 en 3 samengevatte resultaten wijzen dus op het bestaan van een ander soort moeheid, die hier naast *Pratylenchus*-aantasting is opgetreden bij het derde opeenvolgende gewas roos zowel als bij het derde opeenvolgende gewas appel. Daar beide houtige toetsgewassen, na zich zelf geteeld, dit verschijnsel vertoonden, zal het waarschijnlijk bij meer boomkwekerijgewassen kunnen optreden. Bij appelboompjes na twee jaar rozen en bij rozen na twee jaar appelboompjes trad dit soort groeiremming echter niet op. Zij is dus voor de boomsoort meer specifiek dan de aaltjesaantasting en staat blijkbaar met de grond in verband, want bij dezelfde teeltwijze is zij wel op perceel N. doch niet op perceel W. opgetreden, terwijl dit uit de voorgeschiedenis van de percelen niet is te verklaren. De verschijnselen zijn even weinig karakteristiek als de aaltjesaantasting en omvatten ook wortelbeschadiging en groeivertraging. Bij de rozen na rozen leken de wortels donkerder, warriger en aan de punten meer gezwollen dan bij de zwaar door nematoden aangetaste rozen na de granen.

De oorzaak en de verdere eigenschappen van dit verschijnsel zullen nog nader onderzocht moeten worden. Wellicht komt het overeen met de in de U.S.A., Duitsland en Canada naast aaltjesaantasting optredende, aan worteltoxinen toegeschreven specifieke moeheid bij de herinplanting van boomgaarden (PROBSTING & GILMORE, 1941; FASTABEND, 1955; SCHANDER, 1955; PATRICK, 1955).

Er zijn enige aanwijzingen, dat bij de herinplantingsmoeilijkheden in Nederland naast aaltjes óók een dergelijke factor in het spel is, evenals bij de zeer eenzijdige teelt van rozen op bepaalde bedrijven. In dit laatste geval meent de praktijk, dat deze factor na enkele jaren teelt van andere gewassen weer uit de grond verdwijnt. De tot nu toe door ons onderzochte moeheidsverschijnselen in de boomkwekerij zijn echter niet-specifieke, door nematociden te bestrijden

aantastingen gebleken, die optreden, en blijven optreden, ondanks afwisseling van de verschillende gewassen.

De praktijk van de boomkwekerij kan dus, evenals op proefveld N., te maken hebben met twee soorten moeheidsverschijnselen naast en door elkaar. Ter voorkoming van de bij roos en appel geconstateerde meer specifieke moeheid blijkt afwisseling van verschillende boomkwekerijgewassen van belang. Ook vruchtwisseling met landbouwgewassen blijkt in dit opzicht gunstig te werken, hetgeen dus niet het geval was bij de *penetrans*-aantasting.

Het telen van de verschillende gewassen heeft dus direct grote verschillen in de *Pratylenchus*-dichtheid in de grond tot gevolg gehad, waarbij de mengpopulatie van *pratensis* en *penetrans* gedifferentieerd werd. De door de voorvruchten veroorzaakte verschillen in aaltjesbesmetting en -aantasting zijn als groeiverschillen tot uiting gekomen.

Doordat het aantal aaltjes zowel in de grond als de wortels werd bepaald, konden verschillen in de verhouding tussen plant en parasiet niet alleen geregistreerd, maar vaak ook verklaard worden. Hierdoor konden tevens verscheidene praktijkervaringen begrepen worden en werden enige nieuwe inzichten verkregen, o.a. met betrekking tot het optreden bij de boomteelt van de twee ongelijksoortige moeheidsverschijnselen naast en door elkaar. De proefopzet en de gevolgde methode van onderzoek zijn voor deze populatiestudie doelmatig gebleken.

Verscheidene collega's en medewerkers van de P.D. hebben bij dit onderzoek geholpen, waarvoor ik hun gaarne mijn dank betuig. Dit geldt in het bijzonder de Heren J. J. S' JACOB en G. H. JANSEN, onder wier leiding het technische werk, respectievelijk in het laboratorium en in het veld, hoofdzakelijk is verricht. Ik dank Mr. F. G. W. JONES voor het corrigeren van de Engelse samenvatting.

SUMMARY

Eleven crops were grown in threefold replication for two successive years on two independent trial fields, both containing a mixed population of *Pratylenchus pratensis* and *P. penetrans*. The crops were potato, oats, rye, beet and stocks of six woody perennials. In the third year, 1955, several test crops, viz. rose, potato, rye and young apple trees undersown with red clover, were grown across all plots. Changes in soil populations of *Pratylenchus* were followed by the examination of samples of soil and roots, and the influence of the populations on the test crops was observed.

Of the eleven crops grown, cereals were already known to suffer from attacks by *P. pratensis* and the woody plants and, to a lesser degree, potatoes from *P. penetrans* (c.f. 1954, 1955).

Results are given in Tables 1-3 and Figures 1-3 and may be summarized as follows:

- (1) The roots of all of the eleven crops harboured both species of *Pratylenchus* in different stages of development (Table 1, Col. 5), indicating the polyphagous character of these species.
- (2) The soil infestation, which was originally uniform (Table 1, Col. 2), showed differences ranging from 1:5 to 1:10 at the end of the first growing

season (Table 1, Col. 4). The second crop of the same kind did not influence the populations markedly (Table 1, Col. 6), which suggests that their levels are determined mainly by the last crop grown.

(3) *P. pratensis* reached its highest population density in the roots of cereals (Table 1, Col. 5a), which explains the relative susceptibility of these crops to injury by this species. Cereals also increased the soil population far more than potatoes, beet, or woody perennials (Table 1, Col. 6a); presumably a consequence of the many eelworms per unit weight of root and the extensive development of the root system. The presence of potatoes and beet in rotations, therefore, would help to prevent injury to cereals on light soils (c.f. 1954). Woody plants would also be satisfactory crops to precede cereals.

(4) Cereals, potatoes and most woody plants are increasingly susceptible to injury by *P. penetrans*. They do not differ markedly in the numbers of *P. penetrans* per 10 g. of roots (Table 1, Col. 3 and 5b). The post cropping populations of nematodes in the soil, however, decrease progressively in this order (Table 1, Col. 6b), presumably in consequence of the differences in root weights, which for cereals, beet, potatoes and woody plants are approximately in the proportions of 6:4:2:1 (see page 193). The degree of susceptibility, therefore, does not seem in the first place to be associated with a high population density in roots but rather with a small root system. If this is so, then difficulty is likely to be experienced in the control of *P. penetrans* by crop rotation.

Laburnum anagyroides and beet are the only crops which have respectively very high and very low densities of *P. penetrans* in their roots (Table 1, Col. 5b). Despite the low densities in the roots of beet, the level of infestation of the soil following beet did not decrease very much (Table 1, Col. 6b), which again may be attributed to the relatively large size of the root system. This and the low density of nematodes in the roots may explain why beets do not suffer in soil infested with *P. penetrans*.

Table 1 (Col. 6b) shows that the population level of *P. penetrans* is highest after cereals, less after potato, *Laburnum anagyroides* and, in trial field W., *Rosa canina*, and least after beet and the other woody plants. From this it follows that attacks on potatoes will increase if rye and oats occur in the rotation and decrease after beet. For the cultivation of woody plants no rotation can yet be advised which is safer than continuous growth of these crops.

These results explain the low population level of *P. penetrans* in nurseries, the tendency of growers to continue rearing woody plants when sickness appears, the persistence of soil sickness under arable rotations and, incidentally, the immediate appearance of sickness when the cultivation of woody plants is started for the first time on arable land.

(5) The root infestation of test crops in 1955 followed the different soil population levels closely as is shown for two of the five test crops in Table 2 (Col. 2 and 3). Differences in attack revealed themselves as growth differences in all test crops except red clover; rose and potato probably being influenced in the first place by the *penetrans*, and rye by the *pratensis* component of the soil population (Table 2, Col. 4a, b, c; Figs. 1, 2, 3). Growth must also have been influenced by other factors arising from the various preceding crops, but the author believes that *Pratylenchus* spp. were the main factors except in the case below.

(6) Field observations and comparison of the results shown in Columns 2 and 3 of Table 2 with those of 4a and c of the same Table, reveal a second type of sickness which does not seem to be connected with *Pratylenchus*. This occurred only in rose and apple after two years of continuous cultivation and not in apple following two years of roses or in roses following two years of apples. A check examination in September 1955 confirmed the observations (Table 3). This form of stunting shows much the same symptoms as *Pratylenchus* infestation but is more specific. It occurred in one of the trial fields only and might be expected to affect other woody plants. The cause is unknown but might be due to root toxins (p. 200). There are indications that this sickness plays a rôle next to eelworms in the replanting of orchards and in rose nurseries in certain localities in the Netherlands. Alternation of different woody crops or rotation with arable crops would help to prevent this form of sickness, with is not so with *P. penetrans* infestations.

LITERATUUR

- FASTABEND, H., - 1955. Ueber die Ursachen der Bodenmüdigkeit in Obstbaumschulen. Landwirtschaft-Angewandte Wissenschaft, Sonderheft Gartenbau Nr. IV, Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, 95 p.
- GOEDEWAAGEN, M. A. J. en SCHUURMAN, J. J., - 1950. Wortelproductie op bouw- en grasland als bron van organische stof in de grond. Landbouwkundig T. 62: 469-482.
- KÖHNLEIN, J., - 1955. Die Ernte- und Wurzelrückstände und ihre Bedeutung für Vorfruchtwirkung und Bodenfruchtbarkeit. De Plantenwortel in de Landbouw, Ministerie van Landbouw, Visserij en Voedselvoorziening: 178-179.
- KÖNNECKE, G., - 1951. Ertragssteigerung und Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit durch Umstellung von Fruchtfolgen. Kühn-Archiv 64: 107-224.
- OOSTENBRINK, M., - 1954. Over de betekenis van vrijlevende wortelaaltjes in land- en tuinbouw. Versl. en Meded. Plantenziektenk. Dienst 124: 196-233.
- OOSTENBRINK, M., - 1954a. Een doelmatige methode voor het toetsen van aaltjesbestrijdingsmiddelen in grond met *Hoplolaimus uniformis* als proefdier. Meded. Landbouwhogeschool en Opzoekingsstations van de Staat, Gent, 19: 377-408.
- OOSTENBRINK, M., - 1955. Bodenmüdigkeit und Nematoden. Z. Pfl.krankheiten (Pflanzenpathologie) und Pflanzenschutz 62: 337-346.
- PATRICK, Z. A., - 1955. Toxic substances from microbiological decomposition products of peach root residues. Can. J. Bot. 33: 461-485.
- PROEBSTING, E. L. and GILMORE, A. E., - 1941. The relation of peach root toxicity to the re-establishing of peach orchards. Proc. Am. Hort. Sci. 38: 21-26.
- QUANJER, H. M., - 1942. Phytopathologische terminologie. T. Pl.ziekten 48: 1-16.
- SCHANDER, H., - 1955. Ueber die Bodenmüdigkeit bei Obstgehölzen und deren befall mit Nematoden. Deutsche Baumschule 5: 133-139.
- SHER, S. A. and ALLEN, M. W., - 1953. Revision of the genus *Pratylenchus* (Nematoda: Tylenchidae). University of California Publications in Zoology 57: 441-470.
- SNEDECOR, G. W., - 1946. Statistical methods. The Iowa State College Press.