

Dt. 19

**BYDRAE TOT DIE STUDIE VAN DIE WEDERSYDSE
BEÏNVLOEDING VAN KNOPWORTELAALWURMS
(MELOIDOGYNE SPP.)
EN SEKERE GASHEERPLANTE**

deur

H. KOEN

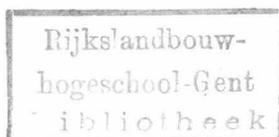
PROEFSKRIF

ter verkryging van die graad van
DOCTOR IN DE LANDBOUWKUNDIGE WETENSCHAPPEN
op gesag van die Rektor, Prof. ir. K. L. PETIT,
Hoogleraar in "Boerderijbouwkunde"

PROMOTOR : PROF. DR. H. C. IR. J. VAN DEN BRANDE



- 1964 -



BYGEVOEGDE STELLINGE.

1. Die gebruiklike metode van die bemonstering van grond vir die studie van nematodes, is nie voldoende noukeurig nie.
2. Meer aandag behoort geskenk te word aan die gebruik van pestisiede, nie alleen weens die invloed daarvan op die ewewig in die natuur nie, maar ook omdat dit 'n toenemende bedreiging vorm vir die gesondheid van mens en dier.
3. Die sistematiek van nematodes behoort aangepas te word by die moderne konsepsies van hierdie dissipline.

V O O R W O O R D.

Van hierdie geleentheid wil ek gebruik maak om my dank te betuig aan die Departement van Landbou-tegniese Dienste, Suid-Afrika, wat dit vir my moontlik gemaak het om hierdie studie te onderneem, asook aan die Aartappelraad van Suid-Afrika, wat 'n beurs vir die tydperk beskikbaar gestel het. In hierdie verband wil ek veral tot Dr. W.J. van der Linde van die Instituut vir Plantbeskerming, 'n woord van hartlike dank rig vir die beslissende aandeel wat hy hierin gehad het.

My dank aan Prof. Dr. h.c. Ir. J. Van den Brande, my promotor, vir die begripvolle wyse waarop hy my aan sy Leerstoel ontvang het, die fasiliteite wat hy tot my beskikking gestel het en sy voortdurende belangstelling en gewaardeerde kritiek, wat die voltooiing van hierdie werk moontlik gemaak het.

Veel dank is ek verskuldig aan Prof. Dr. Ir. A. Gillard, vir sy geduldige bereidwilligheid en talryke wenke en suggesties, wat vir my ongetwyfeld van besondere nut was.

My hartlike dank ook aan Prof. M. Slaats, Prof. J. Maton en Prof. J. Martin, vir hulle belangstelling in hierdie werk en die nuttige en gewaardeerde diskussies wat ek in verband hiermee met hulle kon voer.

Ten slotte 'n besondere woord van dank aan dié lede van die personeel van die Rijkslandbouhogeschool te Gent, asook van die Instituut vir Plantbeskerming, Suid-Afrika, wat op welke wyse ookal, hulp aan my verleen het. Dit word ten seerste waardeer.

Rijkslandbouhogeschool,
GENT,
Januarie 1964.

I N H O U D S T A F E L.

INLEIDING.

1. Doelstelling.....	1.
2. Die biologie van <u>Meloidogyne</u> spp.....	3.
3. Die begrip „Weerstandbiedend“.....	12.

ALGEMENE METODEDES.

1. Die opbou en instandhouding van suiwer bevolkings van <u>Meloidogyne</u> spp.....	17.
2. Die keuse van proefplante.....	18.
3. Herwinning van larwes uit plant- en grondmonsters.....	18.

HOOFSTUK 1. FAKTORE WAT DIE VOORPARASITERE ONTWIKKELING VAN MELOIDOGYNE HAPLA BEINVLOED.

A. Literatuuroorsig.....	19.
1. Die invloed van wortelafskeidings.....	19.
a. Aantrekkingskrag.....	19.
b. Nematisiede invloed.....	21.
2. Die invloed van omgewingsfaktore.....	23.
a. Grondtekstuur en grondatmosfeer.....	23.
b. Grondveg.....	24.
c. Grondtemperatuur.....	25.
d. Waterstofioonkonsentrasie.....	26.
e. Natuurlike vyande.....	26.
B. Eie ondersoek.....	27.
1. Vergelykende aantrekkingskrag van weerstandbiedende en vatbare plantsoorte vir <u>M. hapla</u>	27.
2. Vergelykende invloed van wortelafskeidings van weerstandbiedende en vatbare plantsoorte op die uitsluiting en oorlewing van <u>M. hapla</u> larwes.....	30.
3. Die invloed van wortelafskeidings van <u>Tagetes erecta</u> en <u>Asparagus officinalis</u> op die besmettingsgraad van tamaties vir <u>M. hapla</u>	36.
4. Die invloed van deurlugting van grond op die oorlewing van <u>M. hapla</u> larwes.....	37.
C. Bespreking.....	42.

HOOFSTUK 11. FAKTORE WAT DIE PENETRASIE VAN PIAANTWORTELS DEUR MELOIDOGYNE HAPLA BEINVLOED.

A. Literatuuroorsig.....	45.
B. Eie ondersoek.....	47.
1. Die invloed van minerale voeding van plante op die eventuele besmettingsgraad.....	47.
2. Die invloed van die ouderdom van plante op die besmettingsgraad.....	48.
C. Bespreking.....	51.

^

HOOFSTUK 111. FAKTORE WAT DIE PARASITIESE ONTWIKKELING VAN
MELOIDOGYNE HAPLA BEINVLOED.

A. Literatuuroorsig.....	53.
1. Die reaksies en invloed van plantweefsel.....	53.
a. Reuseselvorming.....	54.
b. Nekrosevorming.....	55.
c. Nematisiede verbindings in plante.....	56.
d. Plantvoeding.....	57.
2. Die invloed van omgewingsfaktore.....	59.
a. Temperatuur.....	59.
b. Lig.....	60.
c. Waterstofioonkonsentrasie.....	60.
B. Eie ondersoek.....	61.
1. Vergelykende ontwikkelingsnelheid van <u>M. hapla</u> in die wortels van vatbare en weerstandbiedende plantsoorte.....	61.
2. Anatomiese ondersoek van besmette wortels van vatbare en weerstandbiedende plantsoorte.....	63.
3. Die invloed van bevoeding van plante op die ontwikkeling van <u>M. hapla</u>	64.
4. Die invloed van wortelsappe van vatbare en weerstandbiedende plantsoorte op larwes van <u>M. hapla</u>	66.
5. Die toleransieverskynsel by tamaties en salade vir <u>M. hapla</u> besmetting.....	73.
C. Bespreking.....	78.
HOOFSTUK 1V. DIE PRAKTIESE NUT VAN DIE WEERSTANDBIEDENDHEID VAN PLANTE IN DIE BESTRYDING VAN <u>MELOIDOGYNE SPP.</u>	
A. Literatuuroorsig.....	81.
B. Eie ondersoek.....	84.
1. Vergelykende invloed van weerstandbiedende en nie-gesikte gasheerplante op 'n bevolking van <u>Meloidogyne spp.</u>	84.
2. Enkele vierjarige wisselboustelsels om knopwortelaalwurms te beheer.....	93.
3. Die kombinerings van wisselbou met grondfumigasie om knopwortelaalwurms te beheer.....	97.
4. Vergelykende weerstandbiedendheid van 'n aantal aartappelhybriede vir <u>M. hapla</u>	105.
5. Vergelykende besmettingsindeks van aartappelwortels en knolle vir <u>M. hapla</u> en <u>M. incognita</u>	108.
C. Bespreking.....	111.
SAMEVATTING.....	114.
SUMMARY.....	119.
BIBLIOGRAFIE.....	121.

bepaalde bevolking te ondersoek, as om slegs een of twee patrone krities te bestudeer. Allen (1952) skryf dat ekstreme patrone van 'n bepaalde spesie foutief as tipies van 'n ander spesie aangesien kan word. Lordello (1956) bevind selfs dat die patroon van M. inornata nie te onderskei is van die van M. incognita nie, sodat ander (twyfelagtige) kenmerke van die eiers, larwes en mannetjies by die identifikasie van die spesie gebruik moet word. 'n Groot aantal navorsers publiseer foto's en tekeninge van perineale patrone, waaronder die van Chitwood (1949), Allen (1952), Dropkin (1953), Taylor, Dropkin en Martin (1955) en Sasser (1954, 1960). Gillard (1961) publiseer 'n lys van auteurs oor perineale patrone (bl.531).

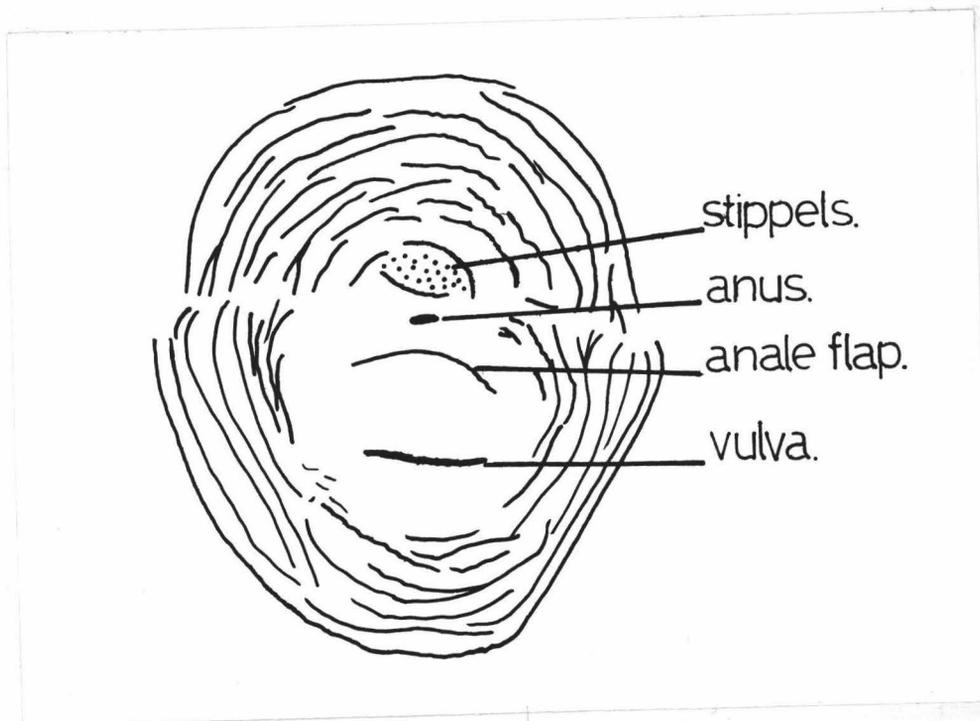


Fig. 1. Perineale patroon van M. hapla.

Verskillende navorsers het determinasie tabelle opgestel om Meloidogyne spesies volgens hulle perineale patrone te identifiseer, waaronder:

1. Taylor, Dropkin en Martin, 1955.
2. Oostenbrink, 1957. (nie gepubliseer nie).
3. Gillard, 1961. p.532.

Sasser(1954) beskryf 'n metode om 'n onbekende Meloidogyne bevolking biologies te determineer deur die bevolking aan 'n vooropgestelde reeks gasheerplante bloot te stel wat die verskillende spesies dan „selekteer“. Gillard en Van den Brande ('55) wys egter daarop dat Sasser nie rekening gehou het met die bestaan van biologiese rasse nie, asook nie met die eventuele verskille in vatbaarheid van die verskillende plantvariëteite nie. So bevind Martin in 1956 dat Arachis hypogea ook vatbaar vir M. javanica is, wat in teenstelling met die bevinding van Sasser is. Die skema kan ook nie toegepas word in gevalle waar twee of meer spesies in dieselfde bevolking aanwesig is nie.

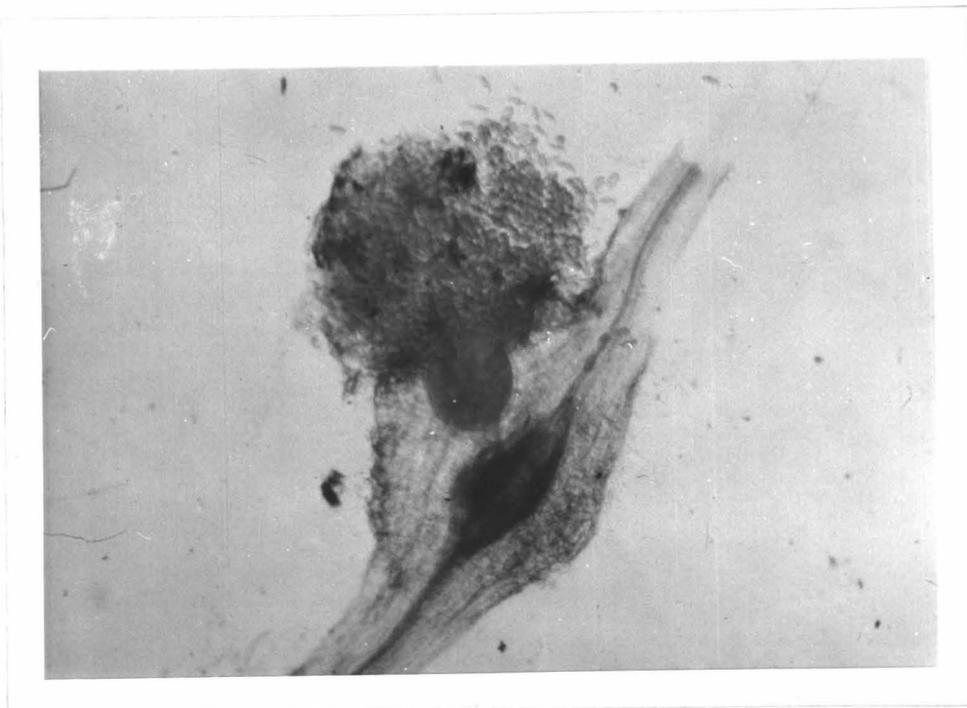


Fig. 2. Foto van Meloidogyne wyfie met eiersak in boontjiewortel.

Alhoewel knopwortelaalwurms in feitlik alle grondtipes waarin plante verbou word voorkom, word nogtans voorkeur verleen aan klam, sanderige, goed deurlugte grond (Christie, 1959 p.68). Meloidogyne spp. kan in geen ontwikkelingstadium volkome uitdroging weerstaan nie. Knopwortelaalwurms is obligate parasiete en moet dus op 'n gasheer plant parasiteer om die lewenssiklus te voltooi. Andersyds mag die parasiet in alle stadia van ontwikkeling en selfs vir verskillende geslagte, in plantweefsel soos bv. aartappelknolle, leef. (Paramonov 1954, na Gillard 1961).

Onder gunstige omstandighede ontwikkel oorheersend meer wyfies as mannetjies. Die mannetjies behou 'n slanke vorm in die volwasse stadium, maar is veel langer as die larwes. Die wyfies weer ontwikkel tot peervormige strukture wat 'n sessiele, parasitêre lewe voer en met die blote oog juis sigbaar is.

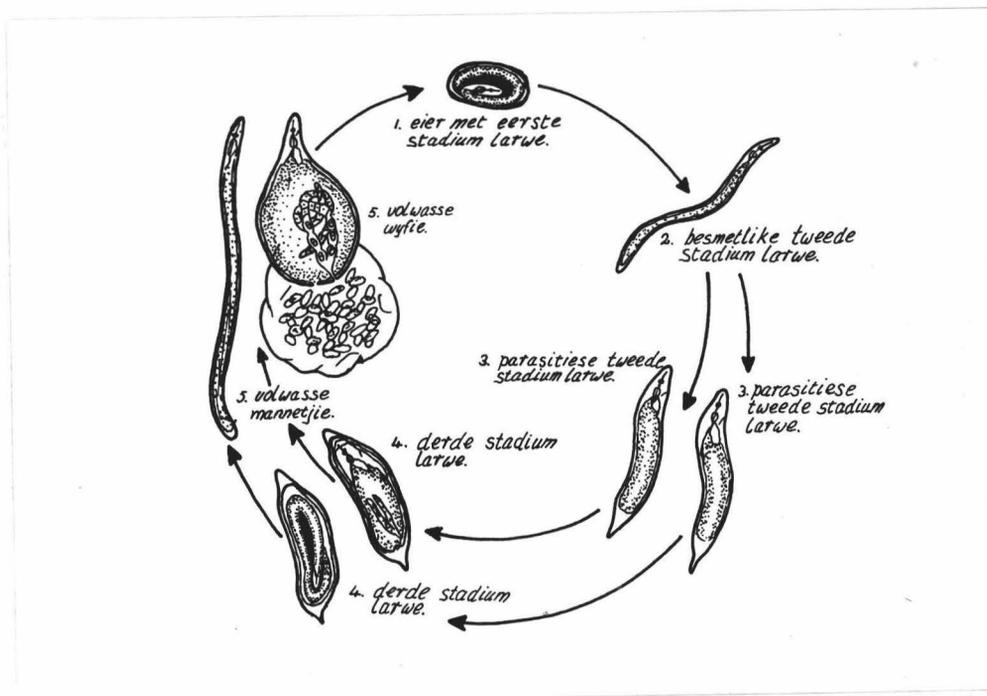


Fig. 3. Diagramatiese voorstelling van lewenssiklus van Meloidogyne spp.

Die larwes is ongeveer 0.4 tot 0.5 mm. lank en ondergaan reeds een vervelling voordat hulle uit die eiers breek (o.a. Christie en Cobb 1941, Ritter en Ritter 1958). Hulle staan dan bekend as „besmetlike tweede stadium larwes". (Franklin, 1954). Hierdie stadium is dan ook die enigste in die lewenssiklus van die parasiet wat vry in die grond voorkom en kan vir periodes van minstens 14 maande in die afwesigheid van 'n geskikte gasheerplant in grond oorleef (Franklin 1954).

Wanneer 'n plant (nie noodwendig 'n goeie gasheerplant nie) aanwesig is, word die larwes na die wortels aangelok deur 'n wortelafskieding en dring die wortel hoofsaaklik by die selstrekkingssone binne (Christie 1936, Wieser 1955/56, Koen 1961). Hierdie indringing vind plaas deurdad die larwe met 'n relatief swak ontwikkelde mondstekel die selwande deurboor nadat bepaalde ensieme deur die stekel afgeskei is om die binnedringing te vergemaklik. Die larwes voed tot 'n geringe mate ook op die epidermale selle (Linford, 1941). In die wortelkorteks neem die larwe 'n posisie in parallel met die lengte-as van die wortel en met die stertpunt gewoonlik na die wortelpunt gerig. Die larwe skei dan nogeens 'n sekreet deur die mondstekel ef en indien die plant 'n geskikte gasheerplant is, reageer die plantselle om die kop van die larwe deur sterk te verdeel waardeur die kenmerkende knoppe gevorm word. Die tussenselwande van enkele selle disintegreer sodat die selinhoud aaneen vloei om meerkernige protoplasma massas te vorm waarop die parasiet dan voed. Hierdie strukture staan bekend as „reuseselle", waarvan daar van 3 tot 6 in een wortelknop aanwesig kan wees. Indien die besmetting in 'n wortelpunt geskied waar nog nie weefselferensiasie plaasgevind het nie, mag die besmetting hierdie differensiasie verhoed sodat die lengtegroei van die wortel benadeel word.

Die vorm en grootte van die wortelknoppe is in beperkte mate kenmerkend vir verskillende spesies, maar word nogtans beïnvloed deur die hewigheid van die besmetting en die plantsoort (Minz 1959). Knoppe veroorsaak deur M. hapla besmetting is sferies en relatief klein. Gewoonlik ontstaan daar baie laterale wortels by die besmettingspunt.



Fig. 4. Tamatiewortels besmet met knopwortelaalwurms.

Reuseselvorming is egter nie altyd noodsaaklik vir die ontwikkeling van die parasiet nie. Volgens Christie (1959, bl. 68), ontwikkel die wortels van weerstandbiedende plantsoorte sons strukture soos knoppe, wat bestaan uit dunwandige selle wat nie gevakuoliseerd is nie, maar sukkulent bly en protoplasma bevat. Volwasse wyfies met eiersakke is al in sulke strukture gevind.

By gunstige temperature groei die wyfies in die plantwortels in dikte, terwyl hulle vir twee tot drie weke op die inhoud van die reuseselle voed. Dan volg die tweede, derde en vierde vervellings snel op mekaar, terwyl geen voedsel in hierdie tydperk opgeneem word nie (Bird 1959). Die wyfie skei 'n gelatienagtige matrix met 'n eiwitagtige natuur uit ses rektakliere via die vulva-opening af (Maggenti en Allen 1960).

In die matrix word, volgens Filipjev en Schuurmans-Stekhoven (1941) 'n gemiddelde van 300 tot 500 eiers gelê. Tyler (1958) noteer 'n rekord aantal eiers van 2882 per eiersak. Die aantal eiers wat elke wyfie produseer, word beïnvloed deur die gasheerplant en ander omgewingsfaktore. Die eiersakmatrix wat in die begin kleurloos is, word later geel tot oranje as gevolg van oksidasieprosesse.

Godfrey en Oliviera (1932) bereken dat wyfies in kafferboon wortels eiers lê oor 'n tydperk van ongeveer 16 dae, met 'n gemiddelde van 23-30 per dag. Die larwes sluip onder gunstige toestande ongeveer 9 dae nadat die eiers gelê is, spontaan uit, hoewel Viglierchio en Lownsbery (1961) bevind het dat die uitsluiting van larwes in afskeidings van tamatie wortels effens hoër was. Geen „hatching factor” is dus nodig soos by Heterodera spp. nie, hoewel die uitbroei tot 'n mate vertraag kan word deur droë periodes en lae temperature. Die larwes vervel die eerste maal in die eiers en kan nadat hulle uitgebroei het, onmiddelik 'n plantwortel penetreer.

Volgens Triantaphyllou en Hirschmann (1960) kan die geslag van Meloidogyne soorte reeds in die tweede larwestadium herken word, omdat die vroulike larwe twee gonades en ses rektaalkliere besit en die mannetjies slegs een gonade en blykbaar geen rektaalkliere nie. Andersins kan die geslagte maklik na die derde vervelling onderskei word (Franklin 1959). Triantaphyllou (1962) het spermselle in die spermatothecae van wyfies gevind en selfs waargeneem dat 'n spermatozoon 'n oöcyte penetreer. Dit is egter nooit waargeneem dat 'n sperm-en eier pronuclei verenig nie. Tyler (1933) bewys dat vermenigvuldiging sonder mannetjies normaal is, deur twaalf geslagte agtereenvolgens in die afwesigheid van mannetjies te kweek (parthenogenese). Kirjanova (1950) skryf dat mannetjies slegs in die lente en herfs verskyn en dat mannetjies by hoër temperature ontbreek.

Die aantal generasies wat per jaar mag voorkom, is in die besonder afhanklik van die teenwoordigheid van geskikte gasheerplante, asook van heersende klimaatstoestande. In die suide van die V.S.A. kan tot tien generasies voorkom teenoor twee tot drie in die noorde. Volgens Ritter en Ritter (1958) vind ontwikkeling in ouer tamatie plante vinniger plaas as in jonger plante.

Gaskin en Crittenden (1956) stel 66 verskillende plantsoorte bloot

aan M. hapla en bevind dat hierdie spesie 'n wye gasheerreëks besit, maar dat lede van die Gramineae weerstandbiedend was.

Knopwortelaalwurms versprei op sigself nie maklik nie. Taylor en Mc.Beth bereken dat larwes ongeveer een cm. per dag en tot een voet per maand beweeg. Die siekte word hoofsaaklik deur die mens versprei deur middel van besproeiing, implemente, besmette plantmateriaal ens.

3. Die begrip „Weerstandbiedend“

Daar bestaan tans 'n mate van verwarring in die terminologie oor die begrip van weerstandbiedendheid teen knopwortelaaalwurms.

Vroeëre navorsers soos Tyler (1941) en Steiner (1925), het weerstandbiedendheid beskou as die onvermoë van die larwes om die plantwortels binne te dring. So vroeg as 1939 egter, het Barrons bevind dat die wortels van 'n groot aantal „weerstandbiedende“ plantsoorte wel deur die larwes gepenetreer word, maar dat die ontwikkeling van die parasiet nadelig beïnvloed word. Sedertdien het 'n groot aantal navorsers die resultate van Barrons bevestig, waaronder Toxopeus en Huijsman (1953), Shepherd (1959) e.a. Sowel Dropkin (1954) as Sasser (1954) bevind selfs dat die wortels van alle plantsoorte (selfs vatbare plantsoorte onderling) nie met dieselfde gemak gepenetreer word nie. Christie (1949) wys daarop dat alle weerstandbiedende plantsoorte nie noodwendig om dieselfde rede weerstandbiedend is nie.

Met verwysing na zoöparasitêre nematodes, skryf La Page (1937) dat weerstandbiedendheid te wyte is aan:

- a. Die onvermoë van die parasiet om in die gasheerplant te leef of te bly leef.
- b. Vermindering van die aantal eiers en gevolglik ook die nakomelinge.
- c. Vertraging in die groei en ontwikkeling van die parasiet sodat langer periodes geverg word om die lewenssiklus te voltooi. Die bevolking vermeerder dus nie so snel nie en die nakomelinge is dikwels klein en misvormd.

Na aanleiding van sy eksperimente met Heterodera rostochiensis Woll. skryf Gemell (1943) dat die kriteria van La Page ook van toepassing is op Heterodera en Christie (1949) kom tot die gevolgtrekking dat dieselfde kriteria ook geld vir Meloidogyne spp. en waarskynlik van toepassing is op alle sêdentêre plantparasitêre nematodes.

Painter (1951) definieer die weerstandbiedendheid van plante teen insekte as die genetiese eienskappe van die plant om die uiteindelijke skade wat deur 'n insek verrig word, te beïnvloed. In praktiese landbou beteken dit dus 'n plant wat 'n goeie oesopbrengs lewer by 'n besmettingsgraad waar ander plante nie 'n goeie oesopbrengs lewer nie.

Basies is weerstandbiedendheid te wyte aan 3 faktore wat hoewel geneties onafhanklik, tog onderling verbonde is in hulle invloed op die parasiet:

- a. Voorkeur of nie-voorkeur. Die eienskappe van sowel plant as parasiet wat daartoe lei dat voorkeur aan 'n bepaalde plant as gasheerplant verleen word. Hierdie faktor is egter skynbaar nie van toepassing op Meloidogyne nie aangesien die larwes 'n nie-geskikte gasheerplant in groot getalle binnedring (Dropkin 1955, Barrons 1939, Koen 1961.)
- b. Antibiose. Die plant beïnvloed die parasiet nadelig ten spyte daarvan dat die plant as gasheerplant gekies word. Hierdie faktor is op enkele uitsonderinge na van toepassing op feitlik alle plantsoorte wat sg. weerstandbiedend is teen knopwortelaalwurms.
- c. Toleransie. Die besmette plant groei goed ten spyte van die teenwoordigheid van die parasiet. Hierdie eienskap word soms by plantsoorte besmet met knopwortelaalwurms gevind.

Dropkin (1955) wil, wat knopwortelaalwurms betref, toleransie en weerstandbiedendheid egter duidelik van mekaar skei. Die invloed van 'n weerstandbiedende plant op die parasiet, is immers anders as die invloed van 'n tolerante plant. Hy skryf verder dat weerstandbiedendheid uit sowel die oogpunt van die plant as parasiet beskou moet word en stel die volgende terme voor:

1. Immunititeit. Absoluut geen binnedringing van die parasiet nie.
2. Weerstandbiedend. Die plant ondersteun nie die groei en ontwikkeling van die parasiet ten volle nie, maar groei self goed.
3. Tolerant. Die plant ondersteun die ontwikkeling van die parasiet maar groei self ook goed.

4. Vatbaar. Die plant ondersteun die ontwikkeling van die parasiet, maar die plant self groei swak.
5. Die plant ondersteun nie die ontwikkeling van die parasiet nie maar word self ook benadeel, bv. by Nicotiana plumbaginifolia (Christie, 1946).

Rohde (1960) redeneer dat 'n plant vatbaar is wanneer die parasiet die gasheer kan vind, die plantwortel kan binnedring en in die plantweefsel kan voed, ontwikkel en voortplant. Enige eienskap wat enige van hierdie vereistes dwarsboom, is 'n weerstandbiedende eienskap. Hierdie definisie van Rohde stem prinsipieel ooreen met die opvattinge van die vorige navorsers, in dié sin dat hulle plante waarin die parasiet kan reproduseer, tog in bepaalde gevalle as „weerstandbiedend” beskou.

Die vraag ontstaan egter of 'n plant wat die reproduksie van knopwortelaalwurms enigsins toelaat, as 'n weerstandbiedende plant beskou kan word, en wel om die volgende redes:

1. Die bestaan van biologiese rasse. 'n Groot aantal navorsers het die bestaan van biologiese rasse van knopwortelaalwurms bewys (Allen, 1952; Martin 1953/54; Riggs 1959; Van der Linde 1957; Gillard en Van den Brande 1955). Veral Riggs bewys dat die nageslag van individue wat daarin geslaag het om op weerstandbiedende tamaties te reproduseer die inherente vermoë besit om normaal op genoemde weerstandbiedende tamatieplante te parasiteer.
2. Die snelle vermeerdering van die parasiet. Knopwortelaalwurms kan onder optimale toestande tot 10 geslagte per jaar voortbring en elke wyfie kan van 200 tot 1500 eiers produseer. Dit beteken dat al sou 'n bepaalde „weerstandbiedende” plant die vermeerdering van die parasiet benadeel, die aantal individue wat wel leef en reproduseer, eventueel voldoende kan wees om die plant te benadeel. Dit geld veral vir besonder sensitiewe plante en meerjarige gewasse. Dit is dus miskien raadsaam om plante wat enigsins die reproduksie van die parasiet toelaat, nie as weerstandbiedend te beskou nie.

Ook Gentile et.al. (1962) beskou plante as weerstandbiedend slegs wanneer die parasiet nie reproduseer nie. Hulle onderskei

egter tussen plante wat min beskadig word (weerstandbiedend) en plante wat ernstig beskadig word, maar tog nie reproduksie van die parasiet toelaat nie (hypersensitiewe plante). Sulke plantsoorte kan egter as uitsonderinge beskou word, veral wanneer die plant by besonder ligte besmettings nog steeds geen reproduksie toelaat nie, maar nogtans ernstig beskadig word. Die volgende terme word dus voorgestel en in hierdie studie gebruik:

1. Immuun. Geen larwes penetreer die plantwortels nie.
2. Weerstandbiedend. Larwes penetreer wel die plantwortels, maar reproduseer nie.
3. Vatbaar. Larwes reproduseer in die plantwortels. Dit is egter noodsaaklik om te onderskei tussen plante wat 'n normale ontwikkeling van die parasiet toelaat al dan nie.
 - a. Geskikte gasheerplante. Plante wat 'n normale penetrasie en ontwikkeling van die parasiet toelaat.
 - b. Nie-geskikte gasheerplante. Plante wat nie 'n normale penetrasie en/of ontwikkeling van die parasiet toelaat nie.

Uiteraard word in hierdie studie die parasiet as swaartepunt benader en val die klem meer op weerstandbiedendheid as 'n bestrydingsmaatreël eerder as die vermoë om 'n bepaalde plant in die teenwoordigheid van die parasiet te kweek. Dit is egter belangrik om die reaksie van die plant op die teenwoordigheid van die parasiet in ag te neem. By die meeste plantsoorte is die skade wat berokken word, min of meer in ooreenstemming met die hewigheid van die besmetting en die mate waartoe die parasiet geleentheid het om normaal te ontwikkel. Uitsonderlike plantsoorte is egter „hypersensitief” (Gentile 1962, en Seinhorst 1961) of „tolerant” (Dropkin 1955). In sulke gevalle kan omgewingsfaktore soos vogtigheid, vrugbaarheid van die grond en die stadium waarop die infeksie plaasvind, belangrike rolle speel. Volgens bogenoemde argumente spreek dit dan vanself dat sowel bepaalde weerstandbiedende- as vatbare plantsoorte „hypersensitief” of „tolerant” kan wees.

Sowel Rohde (1960) as Painter (1951) en Dropkin (1955) skryf dat alhoewel weerstandbiedendheid 'n eienskap van die betrokke plant is (geneties dus), omgewingsfaktore 'n belangrike rol mag speel. Dit is dus nodig om te onderskei tussen oorerflike weerstandbiedendheid en weerstandbiedendheid onder invloed van omgewingsfaktore. De Fluiter (1961) skryf dat 'n belangrike aspek om die „weerstandbiedendheid van die omgewing" te verhoog, is om die vermeerdering van die natuurlike vyande van die parasiet aan te moedig. Deur ekologiese faktore te reguleer, kan plante ekonomies verbou word in die teenwoordigheid van die parasiet. Van den Brande en Gillard (1957) noem dit "oekologiese plantenbescher- ming." Veral wat temperatuur betref, bied hierdie metode van fenologiese bestryding (disease escape), praktiese moontlikhede (Gillard 1961, Grain- ger 1962, Van den Brande en D'Herde 1963.)

A L G E M E N E M E T O D E S.

1. Die opbou en instandhouding van suiwer bevolkings van Meloidogyne spp.

'n Suiwer bevolking van Meloidogyne hapla is vir 'n tydperk van ongeveer twee jaar in 'n glashuis instand gehou, om sodoende voortdurend materiaal vir eksperimentele doeleindes beskikbaar te hê. Dit is as van besondere belang beskou dat die hele ondersoek sover moontlik met dieselfde biologiese bevolking gedoen moes word, om die eventuele verskille wat daar mag bestaan tussen bevolkings van verskillende geografiese oorsprong, te vermy. In hierdie verband sou dit selfs gunstiger gewees het om 'n bevolking afkomstig van dieselfde individu te gebruik, maar weens bepaalde faktore, kon hierdie ideale toestand nie verwesenlik word nie. Die M. hapla bevolking is oorspronklik afkomstig uit 'n glashuis in die omgewing van Stekene, waar swaar besmette tamatiwortels versamel is.

Wyfies wat reeds volwasse was, is by 'n 16X vergroting onder 'n disseksiemikroskoop geïdentifiseer volgens hulle perineale patrone volgens die metode van Taylor, Dropkin en Martin (1955). In plaas van die wyfies soos gebruiklik te dood in 'n 5% formalienoplossing, is besmette wortelgedeeltes vir een minuut in kokende 0.1% katoenbloulaktofenol gelaat en daarna in laktofenol ontkleur. Hierdeur is die perineale patroon van die wyfies blou gekleur en gevolglik maklik herkenbaar. Die liggaamsinhoud kon gemakliker verwyder word en die kutikula was nie so bros as wanneer die wyfies in formalien gefikseer word nie. Die hemisferiese kutikulagedeelte waarop die patroon is, is met behulp van 'n oogskalpel in 'n druppel laktofenol op 'n perspexblokkie afgesny en in gliseriene gemonteer.

Nadat 'n twintigtal wyfies aldus as M. hapla geïdentifiseer was, was aanvaar dat die bevolking vir alle praktiese doeleindes „suiwer” was. Die oorblywende tamatiwortels is gevolglik in 'n Seinhorst sproei-apparaat geplaas, terwyl boontjies in tien kleipotte gevul met stoomgesteëliseerde mengsels van een deel grond en een deel sand, geplant is. Vier dae later is die larwes in die sproei-apparaat getap

en die verskillende potte is met die larwesuspensie geïnokuleer.

Onderskeidelik drie en ses weke later, is dieselfde prosedure herhaal. Hierdeur is verseker dat vars materiaal altyd vir eksperimentele doeleindes beskikbaar was. Gedurende die wintermaande is tamatieplante in plaas van boontjieplante as gasheerplante gebruik, omdat boontjies weens gebrek aan lig, dan besonder swak gegroei het.

2. Die keuse van proefplante.

Om die eksperimentele ondersoek te begin, is plante as vatbare of weerstandbiedende plante gekies op grond van eksperimentele gegewens soos deur verskeie navorsers ingesamel en waaruit veral die weerstandbiedende eienskappe van genoemde plantsoorte duidelik geïllustreer word (Goodey en Franklin 1958, Rohde 1959, Oostenbrink 1956 e.a.).

Vatbare plantsoorte:

Phaseolus vulgaris.
Lycopersicon esculentum.

Weerstandbiedende plantsoorte:

Eragrostis curvula (Ermelo).
Asparagus officinalis.
Tagetes erecta.
Crotalaria spectabilis.

Die saad is almal in klan, gesteriliseerde seesand ontkiem. Saad van Crotalaria spectabilis is vooraf vir 30 minute in gekonsentreerde swawelsuur geweek om die saadhuid te versag, waarna dit deeglik in kraanwater afgespoel is.

3. Herwinning van larwes uit grond- en plantmonsters.

Om larwes uit grondmonsters te isoleer, is gebruik gemaak van 'n spoelapparaat soos ontwerp deur Oostenbrink. Eenhede van 100 cc. grond is elke keer gespoel. Om larwes uit plantmateriaal te isoleer, is gebruik gemaak van 'n sproeiapparaat soos ontwerp deur Seinhorst (1950).

H O O F S T U K 1.

FAKTORE WAT DIE VOORPARASITÊRE ONTWIKKELING
VAN MELOIDOGYNE HAPLA BEÏNVLOED.

A. Literatuuroorsig.

1. Die invloed van wortelafskeidings.

a. Aantrekkingskrag.

Christie (1960) skryf dat die manier waarop 'n nematode 'n plantwortel vind en penetreer, 'n groot rol speel in gasheer-parasiet verhoudings. Volgens Linford (1939) was Marcinowsky reeds so vroeg as 1909 die mening toegedaan dat wortels van bepaalde plantsoorte sekere produkte produseer wat plantparasitêre nematodes in grond beïnvloed. In 1925 kom Steiner tot die gevolgtrekking dat:

- (a). Wortels produkte afskei wat deur grond diffundeer.
- (b). Plantparasitêre nematodes die produkte kan waarneem.
- (c). Nematodes deur genoemde produkte gestimuleer word om na die plantwortels te beweeg. Die waarnemingsvermoë van die nematodes is waarskynlik in die amphide geleë.

Linford (1939) bevind dat ontbindende blaar-en wortelgedeeltes ook larwes van knopwortelaalwurms aantrek, maar Gadd en Loos (1941) is van mening dat die aantrekkingsfaktore van lewende en ontbindende materiaal nie noodwendig dieselfde is nie.

Alhoewel Koen (1961) bevind het dat Crotalaria spectabilis saailinge larwes van M. javanica sterker aantrek as volgroeide plante, vind Viglierchio (1961) geen verskil in die aantrekkingskrag van drie dae oue en vyf weke oue tamatieplante nie. Wieser (1956) bevind dat die aantrekkingsfaktor van tamatieplante hul aktiwiteit in water vir minstens 24 uur behou, terwyl Koen (1961) bevind dat die aantrekkingsfaktor van G. spectabilis in grond minstens 48 uur aktief bly. Koen vind egter dat die aantrekkingsfaktor onder steriele toestande na agt

dae nog aktief was en kom tot die gevolgtrekking dat mikro-organismes 'n belangrike rol speel in die inaktivering van die aantrekkingsfaktor in grond.

Steiner (1925) besluit aan die hand van sy eksperimente dat die „hatching factor" wat larwes van Heterodera stimuleer om uit die siste te sluip, nie noodwendig dieselfde verbinding(s) is as dié wat die parasiet na die plantwortels aantrek nie. Hy skryf dat die parasiet slegs deur vatbare plantsoorte aangetrek word en dat die larwes voorkeur verleen aan die plantsoort waarop hulle gekweek is. Barrons (1939), Dropkin (1955), Riggs (1959), en Koen (1961) bevind egter dat Meloidogyne spp. nie tussen vatbare en weerstandbiedende plantsoorte kan onderskei nie en nie voorkeur aan 'n bepaalde plantsoort gee nie.

Sowel Baunacke (1922) as Wieser (1956) en Gadd en Loos (1941) kom tot die gevolgtrekking dat die produksie van die aantrekkingsfaktor in direkte verband staan met die groeismelheid van die plant, terwyl Linford (1939), Wieser (1956), en Koen (1961) bevind dat die wortelpunte en in die besonder die selverlengingstreek, meer larwes aantrek as ander wortelgedeeltes.

Kühn (1959) eksperimenteer met die aantrekkingskrag van aartappelwortels vir larwes van Heterodera rostochiensis en vind dat na ses ure 58% van die larwes en na 24 ure reeds 70.6% van die larwes om die wortelpunte versamel het. Hy redeneer gevolglik dat die larwes na willekeur beweeg, per toeval in die omgewing van die wortel tereg kom en dan onder invloed van die wortelafskeidings moeilik weer daarvan weg beweeg. Rohde (1960) ondersteun die teorie van Kühn en beweer dat die larwes in die rhizosfeer bly omdat die CO₂ wat deur die metabolisme van die wortel vrygestel word, die aktiwiteit van die larwes verlaag. Johnson en Viglierchio (1961) vind dat larwes van M. hapla en M. javanica om 'n kunsmatig aangelegde CO₂ bron versamel. Bird (1959) bevind selfs dat tamatieplante Meloidogyne larwes hoegenaamd nie aantrek nie en huldig ook die teorie dat die larwes, wat aerobies is, langs 'n gradiënt van 'n afnemende redokspotensiaal beweeg en op hierdie wyse die gasheerwortels bereik. In 'n latere publikasie (1960) erken Bird egter dat lewende plantwortels meer larwes aantrek as 'n kunsmatige CO₂ bron. In 1962 bewys Bird selfs dat M. javanica nie toevallig na die betrokke plantwortels beweeg nie. Peacock (1961) skryf egter dat die verklaring van Rohde (1960), en dus ook van Bird (1959) en Kühn (1959), onaanvaarbaar is, omdat die larwes juis meer energie nodig het om die wortels

binne te dring. Peacock vind selfs dat die aantrekkingsfaktor deur houtskool ge-absorbeer word. Wallace (1959) redeneer dat larwes van Heterodera rostochiensis langs 'n konsentrasiegradiënt van die een of ander wortelafskedding beweeg, omdat larwes nog na die plek waar 'n plantwortel gewees het, beweeg, selfs nadat die wortel verwyder is. Dit dui volgens hom op 'n chemiese faktor wat op 'n afstand 'n invloed op die larwes kan uitoefen. Ook Koen (1961) vind dat M. javanica larwes na 'n posisie beweeg van waar 'n C. spectabilis wortel reeds verwyder is, en vind verder dat hierdie aantrekkingsfaktor geïnaktiveer word deur mikro-organismes en hoë temperature. Koen skryf dat die produksie van hierdie aantrekkingsfaktor onafhanklik is van lig, of die stingels en blare van C. spectabilis kiemplant. In 1961 bewys Lowmsberry en Viglierchio dat M. hapla deur 'n chemiese produk aangetrek word en dat hierdie produk 'n dialiseerbare verbinding met diffusie eienskappe is.

Dropkin (1955) vind dat vatbare plante variëer in hulle aantrekkingskrag vir knopwortelaalwurms en Linford (1939) stel vas dat selfs verskillende wortels van dieselfde plant t.o.v. hulle aantrekkingskrag variëer.

Godfrey (1931) en Bergeson (1959) het albei bevind dat Meloidogyne spp. spontaan uitsluip indien die grond voldoende vogtig en lugtig is en 'n geskikte temperatuur heers. Viglierchio en Lowmsberry (1960) vind egter dat tamatieplante die uitsluiting van die larwes effens aanmoedig.

b. Nematisiede invloed.

Gedurende 1953 vind 'n Hollandse blomkweker, Berg-Smit, dat Pratylenchus penetrans beheer kan word deur Tagetes erecta op die besmette grond te verbou. Oostenbrink et. al. (1957) volg hierdie gewens op en vind dat die wortelafskeddings van agt variëteite elk van T. patula en T. erecta 'n nematisiede invloed op Pratylenchus en Tylenchorhynchus spp. het en 'n grondbevolking in drie tot vier maande selfs met 90% kan verlaag. Interessant genoeg, is al genoemde variëteite lig vatbaar vir die parasiet. Hulle vind verder ook dat Tagetes geen nadelige invloed op Rotylenchus robustus en Criconemoides mutabile het

nie. Uhlenbroek en Bijloo (1958) vind dat die bestanddeel in die wortelsekresie, wat die nematisiede invloed het, waarskynlik 'n polythienyl is, nl. α -terthienyl. Laasgenoemde twee werkers vind ook dat T. minuta 'n invloed op Heterodera rostochiensis het. Omidvar (1961) haal aan uit 'n verslag van die H.D.R.A. van 1960, dat 'n bevolking van Heterodera rostochiensis in grond met 80% verlaag kan word deur die verbouing van T. minuta. Hesling (1961) sowel as Omidvar (1961), vind egter dat T. minuta, T. nana, T. florida, en T. signata nog 'n stimulerende nog 'n inhiberende invloed op die uitbroei van Heterodera siste het en in 1962 vind Omidvar dat Tagetes spp. geen betekenisvolle invloed uitoefen op 'n bevolking van H. rostochiensis nie. Reeds in 1938 het Tyler bevind dat T. erecta en T. patula weerstandbiedend teen knopwortelalwurms is en in 1949 skryf Christie dat knopwortelalwurms nie reuseselvorming veroorsaak in Tagetes wortels nie. Koen vind egter dat T. minuta in Suid-Afrika redelik swaar besmet word met Meloidogyne incognita en dat die parasiet oënskynlik normaal ontwikkel en reproduseer. Christie (1960) twyfel aan die bevindings dat Tagetes wortels 'n nematisiede afskeiding produseer, omdat die plante tog lig besmet word. Hy spreek die gedagte uit dat die plante eerder 'n afskeiding produseer wat die aantrekkingsfaktore van ander plante masker of neutraliseer. Christie stel dan voor dat sulke afskeidings dan „nematistats” in plaas van „nematisiede” genoem word. Hy noem ook dat Triffit en Ellenby bemerk het dat die afskeidings van sekere Cruciferae wortels, nl. Brassica nigra en Brassica hirta (onderskeidelik swart-en wit mostert) die „hatching factor” van aartappelplante masker of neutraliseer en dat 'n verinding van allyl isothiocianaat, wat ook in die olie van Brassica nigra gevind word, 'n soortgelyke werking het. Ook Van Weerd (Christie 1960) het bevind dat die wortelafskedings van rutabagas 'n inaktiverende invloed uitoefen op Radopholus similis.

Rohde et. al. (1958) skryf dat hoewel Trichodorus christiei op die wortels van Asparagus voed, die bevolking nietemin so gou verlaag as in braakgrond, maar nog gouer as die plante eers volwasse is en vlesige wortels ontwikkel het. Die skrywers vind ook dat die sap van Asparagus wortels 'n nematisiede invloed uitoefen op T. christiei en ander nematodes, selfs by verdunnings van een op tien. Hulle vind ook dat T. christiei nie vermeerder op tamatie plante, as die plante tussen Asparagus plante groei nie. Rohde vermoed dat 'n wortelafskedings van Asparagus, nl. 'n wateroplosbare glycoside, die aktiwiteit van die larwes nadelig beïnvloed. Deur 'n ekstrak van Asparagus op tamatie plante te spuit, word die plante gedeeltelik weerstandbiedend teen T. christiei.

M. hapla (Gaskin 1958), M. incognita (Crittenden 1952) en Pratylenchus penetrans (Hutchinson 1959) dring almal Asparagus wortels binne, maar ontwikkel min of gladnie.

2. Die invloed van omgewingsfaktore.

In 1960 skryf Rohde dat, alhoewel weerstandbiedendheid 'n eienskap van die plant is, omgewingsfaktore 'n belangrike rol mag speel en is dit vir die planteteler noodsaaklik om te weet, of die weerstandbiedendheid waarmee hy te doen het, 'n genetiese eienskap en dus oorerflik is, Verskille in temperatuur, grongtiepe, voeding van die gasheerplant en ander omgewingsfaktore, mag verklaar waarom sekere plante nie in alle geografiese gebiede weerstandbiedend is nie en waarom die hewigheid van die besmetting soms wissel van seisoen tot seisoen.

a. Grondtekstuur en grondatmosfeer.

Sleeth en Reynolds (1955) bevestig nogeens die opvatting dat plante swaarder besmet word in grond met 'n growwe, korrelrige struktuur, as byvoorbeeld in kleigrond. Dit is waarskynlik in die eerste plek daaraan te wyte, dat daar in eersgenoemde grongtiepe meer beskikbare suurstof teenwoordig is, as in kleigrond (Wallace 1956). Grondvog speel hier egter ook 'n vername rol, omdat die grond, wanneer dit met water versadig is, geen openinge laat vir die diffusie van suurstof in en CO₂ daaruit nie. Plantparasitêre nematodes is aerobies en Wallace vind inderdaad dan ook dat wanneer die beskikbare suurstof in grond verminder, verminder ook die persentasie larwes van Heterodera schachtii wat uit die siste sluip. Gillard, D'Herde en Van den Brande (1958) bevind dat CO₂ die uitbroei van Heterodera rostochiensis Woll. eiers inhibeer. Stolzy, Van Gundy en Letey (1960) bestudeer die invloed van verskillende suurstof konsentrasies op Meloidogyne incognita en vind dat die bevolking verminder by lae suurstof konsentrasies.

'n Faktor wat skynbaar die suurstof konsentrasies in grond sterk kan

beïnvloed, is die aanwesigheid van organiese materiaal. Dit mag dan 'n gevolg wees van:

- (i). Die vermindering van die suurstof konsentrasie tydens ontbindingsprosesse.
- (ii). Indirek, weens die vermeerdering van die mikro-organisme bevolking.

Russel (1950) vind inderdaad dat die beskikbare suurstof in weiveld baie laag is en tot 0 kan daal, terwyl die CO₂ konsentrasie dan hoër as normaal is. Volgens Christie (1959), het Watson en Gaines bevind dat die toevoeging van organiese materiaal in sommige gevalle knopwortelaaalwurms beskadiging beperk het en dat sulke plante beter gegroei het as plante wat geen organiese bemesting ontvang het nie. Gaines skryf dit nie toe aan die algemene verbetering van die grondstruktuur nie, aangesien onbesmette plante by toediening van organiese bemesting nie beter gegroei het nie. Smith en Batista (1942) verklaar hierdie verskynsel as sou by ontbindingsprosesse verbindings ontstaan wat die groei van bepaalde mikrobies stimuleer, wat op hulle beurt op die nematodes parasiteer (dus indirekte biologiese beheer). In sommige gevalle mag die organiese bemesting bloot die algemene groei van die plante stimuleer. Hierdie bevindings word bevestig deur Johnson (1962).

Koen (1961) vind dat die bevolking van knopwortelaaalwurms skerp daal wanneer Eragrostis curvula (Ermelo tiepe) op besmette grond verbou word vir 'n tydperk van een jaar of langer. Hy bemerk dat die grassoort 'n besonder digte wortelstelsel ontwikkel en bevind eksperimenteel dat vrye suurstof in sulke grond prakties ontbreek. Hollis (1957) en Johnston (1957), aldus Van Gundy et. al. (1962), bewys dat aerobe toestande in grond sekere aerobe prosesse stimuleer, wat tot gevolg kan hê dat verbindings met 'n nematisiede werking ontstaan. 'n Verhoogde CO₂ konsentrasie mag hier ook 'n belangrike rol speel.

Van der Laan (Nematologica, 1956) is van mening dat organiese bemesting plante meer resistent maak teen H. rostochiensis, deurdat dit die fisiologie van die plant kan wysig.

b. Grondvoggehalte.

Afgesien daarvan dat die grondvoggehalte 'n funksie vervul in die grondatmosfeer, is dit ook van direkte belang vir knopwortelaaalwurms. Volgens Winslow (1961) het Bessey reeds in 1911 bevind dat geen las

van knopwortelaalwurms bestaan in gebiede van die V.S.A., waar die grond vir 'n aansienlike deel van die jaar bevoed is nie. Jones (1932) vind dat bevoeding van besmette grond vir 25 dae agtereenvolgens, nie die knopwortelaalwurms gedood het nie, maar Fajardo en Palo (1933) skryf dat bevoeding van 35 tot 40 dae, die bevolking sterk reduseer. Brown (1933) vind dat na ses maande van bevoeding, slegs die larwes dood was, terwyl na twaalf maande ook die eiers en na 22.5 maande alle stadia van die parasiet vernietig was. Linford (1941) rapporteer dat min knopwortelaalwurmbesmetting optree by grondvog persentasies naby die verwelkingspunt, terwyl 'n maksimum besmettingsgraad gevind is by 'n grondvog persentasie net hoër as die grondvog ekwivalent. In grond wat nog vogtiger is, neem die besmetting weer af. Godfrey en Hoshino (1933), skryf dat Meloidogyne larwes wat aan skerp sonlig blootgestel word, binne twee minute dood was, los eiers binne twintig minute en eiers in eiersakke binne dertig minute. Fajardo en Palo (1933) vind dat grond besmet met knopwortelaalwurms, ontsmet kan word deur dit vir 25 tot 30 dae in lug te droog.

c. Temperatuur.

Dropkin (1957) skryf dat verskillende spesies van knopwortelaalwurms verskillende optimum ^mtemperatuur benodig. So word M. hapla oorheersend in kouer klimaatstreke gevind, terwyl M. incognita en M. arenaria weer veral in die warmer gebiede aangetref word. Tyler (1933) vind dat Meloidogyne spp. instaat is om oor 'n wye temperatuur gebied, plantwortels te penetreer (9.5°C tot 40.5°C) en dat 'n grondtemperatuur van 57°C letaal is vir alle stadia van Meloidogyne spp. Hoshino en Godfrey (1933) skryf dat die eiers van knopwortelaalwurms meer bestand is teen uiterste temperature. Gillard (1961) vind dat deur grond elektries te verhit, tot 'n temperatuur van 50°C vir 'n tydskuur van een uur, 'n goeie beheer van knopwortelaalwurms verkry word. Newhall (1951) skryf dat grondvog 'n belangrike rol speel by die kritiese temperature van aalwurms. Walker (1960) vind dat larwes van M. hapla minder bestand is teen hoër temperature, as larwes van M. arenaria. Gillard en Haegeman (Gillard 1961) vind dat larwes wat vir vier dae aan temperature van -8°C en een dag aan temperature van -10°C blootgestel was, geen

knoppe op tamatiewortels kon vorm nie, terwyl Sveshnikova en Petrova (Sveshnikova 1956) selfs bevind dat larwes wat vir 3 dae blootgestel was aan -3°C geen knoppe meer op plantwortels veroorsaak het nie. Daulton en Nusbaum (1961) bevind dat Meloidogyne hapla en M. javanica van Rhodesië gevoeliger is vir lae temperature as dieselfde spesies van Georgia en Noord Carolina terwyl die omgekeerde waar is vir hoë temperature. Hulle bevind verder dat eiers van die parasiet gevoeliger is vir lae temperature in klam grond as in droër grond, terwyl die omgekeerde waar is vir hoë temperature. Die skrywers bewys eksperimenteel dat verskillende bevolkings egter by gewysigde klimaatsomstandighede aanpas en dat hierdie aanpassing by ekstreme temperature oorerflik is.

d. Waterstofioonkonsentrasie.

Kincaid en Gammon (1957) stel vas dat die aantasting van plante deur knopwortelaalwurms omgekeerd eweredig was met die pH van die bodem. Godfrey en Hagan (1933) ondersoek die invloed van pH 3.5 tot 8.5 op die ontwikkeling van knopwortelaalwurms en stel vas dat slegs pH waardes hoër as 7.6 'n geringe reduksie in die besmettingsgraad van die parasiet gehad het. Koen (1961) skryf dat Eragrostis curvula die pH van grond van 5.0 tot 4.5 en van 7.0 tot 6.5 verlaag het, maar dat die verskil geen merkbare invloed op knopwortelaalwurms uitgeoefen het nie.

e. Natuurlike vyande.

De Fluiter (1961) skryf dat die verhoging van die „weerstandbiedendheid van die omgewing“ teen insekte gedoen kan word deur onder meer die ontwikkeling van die natuurlike vyande van die parasiet aan te moedig. 'n Vry groot aantal natuurlike vyande van knopwortelaalwurms is bekend, waaronder ook roofnematodes van die genus Mononchus, bepaalde Enchytraeide, myte, tardigrade en sporozoa, asook bepaalde virusse. Praktiese bestryding met nematofage swamme, bied egter die grootste moontlikhede, alhoewel dit nog in eksperimentele stadia is. Hieronder tel Arthrobotrys oligospora Fresenius (Linford 1937), Dactylella ellipso-spora Grove (Linford en Yap 1939), Dactylella bembicodes (Deschiens 1941) ens. (Sien: Christie 1959, Gillard 1961).

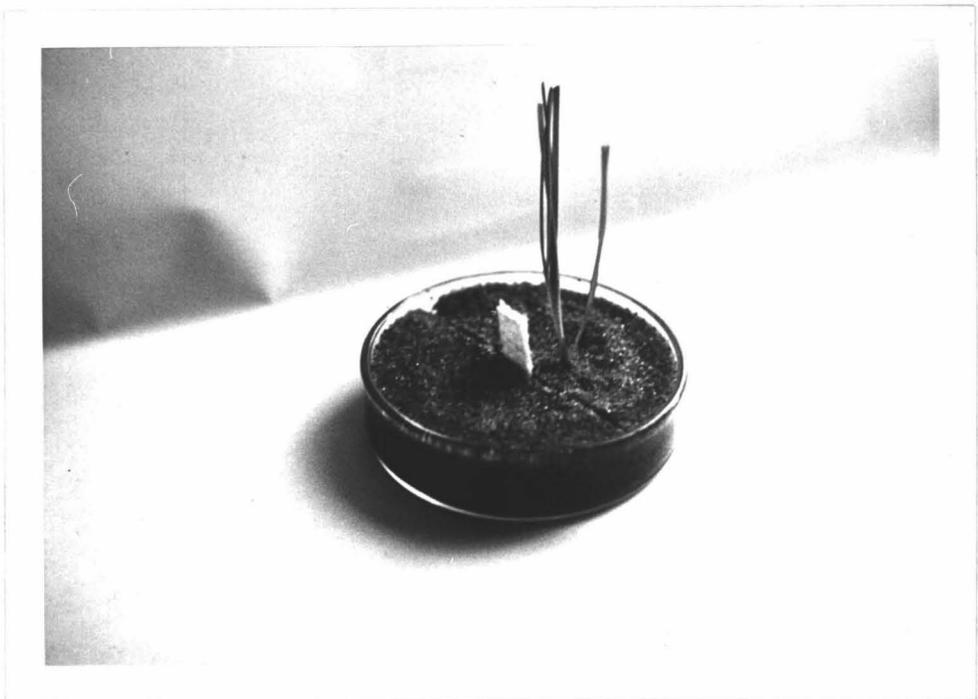
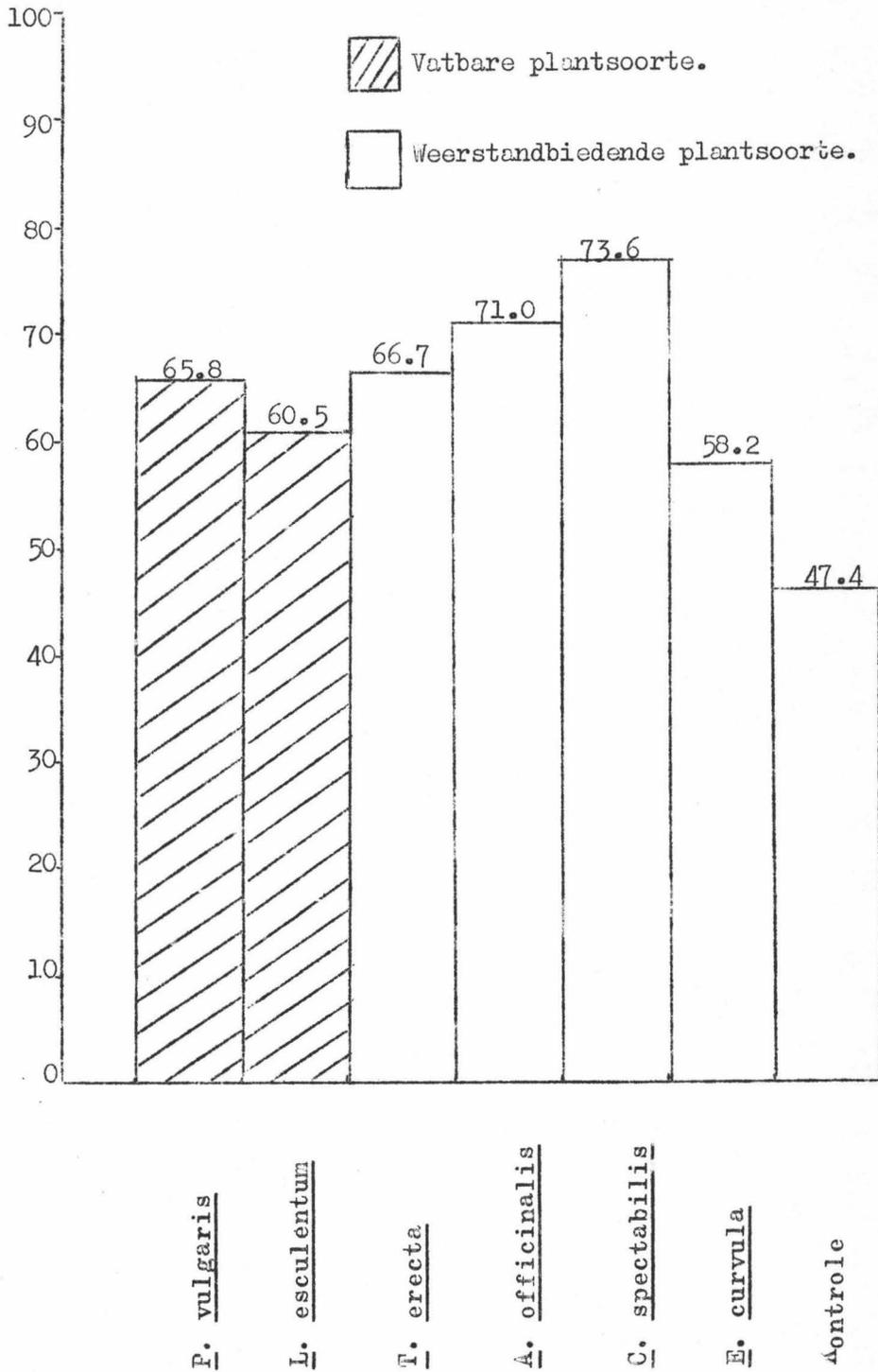


Fig. 6. Crotalaria spectabilis plant in die sandhalveringseksperiment.

Fig. 7. Gemiddelde persentasie larwes aangelok deur vatbare en weerstandbiedende plantsoorte, gedurende 24 uur.

Persentasie larwes.



Uit bogenoemde resultate blyk dit dat sowel die vatbare as weerstandbiedende plantsoorte, larwes van M. hapla aangetrek het. Daar is egter betekenisvolle verskille in die aantrekkingskrag van sowel vatbare plantsoorte onderling, as weerstandbiedende plantsoorte onderling, terwyl weerstandbiedende plantsoorte soos C. spectabilis en A. officinalis, selfs betekenisvol meer larwes aangetrek het as enige van die vatbare plantsoorte.

2. Vergelykende invloed van wortelafskedings van vatbare en weerstandbiedende plantsoorte op die uitsluiting en oorlewing van M. hapla larwes.

Verskeie navorsers het reeds bevind, dat die wortelafskedings van bepaalde plantsoorte 'n nematisiede werking op bepaalde nematodes uitoefen. Hieronder is die invloed van Tagetes spp. op sekere Pratylenchus en Heterodera spp. (Oostenbrink et. al. 1957, Omidvar 1961/62, Uhlenbroek et.al. 1958/59), en Tylenchorhynchus dubius en die invloed van Asparagus officinalis op Trichodorus christiei (Rohde 1960b, 1958) onder meer bekend. Die doel met hierdie eksperiment was om vas te stel of bogenoemde plantsoorte, asook ander weerstandbiedende plantsoorte, enige betekenisvolle invloed uitoefen op M. hapla in grond. Aangesien die invloed van wortelafskedings op die uitsluiting uit die eiers en die oorlewing van die larwes in grond, mag verskil, is die twee aspekte afsonderlik ondersoek.

2.1. Die invloed van wortelafskedings op die uitsluiting van larwes van M. hapla uit eiers.

Die eksperiment is uitgevoer by 'n gemiddelde temperatuur van 23.9°C. 140 Glasbuis met 'n volume van 50 ml. elk, is halfvol met sand gevul en die sand is benat met 'n volledige minerale voedingsoplossing van Hoagland. Die volgende plantsoorte is elk in 20 buise geplant, sodat daar een plantjie in elke buis was, uitgesonderd Eragrostis curvula, wat 'n grassoort is, en waarvan verskeie saadjies in elk van die twintig buise gesaai was.

Vatbare plantsoorte:

Phaseolus vulgaris.

Lycopersicon esculentum.

Weerstandbiedende plantsoorte:

Eragrostis curvula.

Asparagus officinalis.

Tagetes erecta.

Crotalaria spectabilis.

Na 24 dae, het die plantjies reeds almal relatief digte wortelstelsels ontwikkel. Op hierdie stadium is in die sand van elke glasbuisie, twee eiersakke van M. hapla geplaas. Dit is gedoen deur die eiersakke in die middel van 'n melkfilterstrokie van 0.5 cm. X 6.0 cm. te plaas en die strokie toe te vou. Met behulp van 'n meslem, is 'n spleet ongeveer in die middel van die sand in die glasbuisies gemaak, tot op 'n diepte van ongeveer 2 cms. en die melkfilterstrokie met eiersakke daarin gestee, sodat die punt van die strokie bo die oppervlakte van die sand uitsteek. Die doel hiervan is om die eiersakke, met moontlike oorblywende eiers, gemaklik aan die einde van die eksperiment te verwyder.

Onderskeidelik 2, 5, 10 en 20 dae nadat die eiersakke in die grond geplaas was, is elke keer vyf buisies van elke plantsoort ondersoek: Die sand van elke buisie is afsonderlik in 'n gaasdraadsif, waaroor 'n enkele melkfilterlagie geplaas is, uitgegooi en die sif is in 'n petriskaal met water geplaas. Die larwes in die sand, kruip deur die melkfilterlagie en versamel in die water van die petriskaal, waar dit getel kan word. Aangesien veel larwes die plantwortels kon binnedring, is die wortels van die plantjies vir een minuut in 'n kokende oplossing van 0,1% suurfuchsinlaktofenol gelaat, waarna dit in water afgespoel en vir enkele dae in laktofenol geplaas is. Hierin ontkleur die wortelweefsel en word dit deursigtig, terwyl die larwes rooi gekleurde bly en dus gemaklik onder 'n disseksiemikroskoop getel kan word. Die aantal individue uit die wortels en sand van dieselfde glasbuisie is bymekaar gereken. As kontrole is dieselfde prosedure gevolg, met die uitsondering dat geen plante in die sand geplant was nie.

Tabel 1. Gemiddelde aantal larwes wat uitgesluit het, verskillende dae nadat die eiersakke aan die wortelafskiedings van vatbare en weerstandbiedende plantsoorte blootgestel was. Resultate getransformeer deur VII.

Plantsoort.	Dae			
	2	5	10	20
Vatbare plante:				
<u>P. vulgaris.</u>	4.3	8.1	13.1	14.1
<u>L. esculentum.</u>	4.1	10.2	13.5	13.9
Weerstandbiedende plante:				
<u>E. curvula.</u>	5.2	9.1	13.6	14.8
<u>A. officinalis.</u>	4.4	9.3	13.4	13.9
<u>T. erecta.</u>	4.5	9.0	13.2	14.3
<u>C. spectabilis.</u>	5.6	10.1	13.0	14.1
Kontrole.	4.8	9.7	13.3	14.5

K.B.V. tussen die gemiddelde aantal larwes wat onder invloed van die wortelafskedings van 'n bepaalde plantsoort na 2, 5, 10 en 20 dae onderskeidelik uit die eiers gesluip het.

P = 0.05 0.41
P = 0.01 0.68

K.B.V. tussen die gemiddelde aantal larwes wat onder die invloed van die wortelafskedings van verskillende plantsoorte, uit die eiers sluipe.

P = 0.05 1.63
P = 0.01 2.84

Uit bogenoemde gegewens blyk dit dus, dat nadat die eiers vir 20 dae aan die wortelafskedings van verskillende plantsoorte blootgestel was, daar in alle gevalle nog steeds larwes uitgesluip het en dat daar geen betekenisvolle verskille was, in die aantal larwes wat uitgesluip het onder invloed van vatbare en weerstandbiedende plantsoorte onderskeidelik nie. Onder genoemde omstandighede, het sowel vatbare as weerstandbiedende plantsoorte geen invloed gehad op die aantal larwes wat uit die eiers gesluip het nie.

2.2 Die invloed van wortelafskedings van vatbare en weerstandbiedende plantsoorte op die oorlewing van *M. hapla* larwes in grond.

Hierdie eksperiment is presies uitgevoer soos in die voorafgaande eksperiment beskryf is, maar met die uitsondering dat een ml. larwesuspensie van *M. hapla* (ongeveer 853 larwes) in die sand van die glasbuis gepipeteer is, in plaas van eiersakke daarin te plaas. Na onderskeidelik 4, 8 en 16 dae, is elke keer 5 glasbuisies van elke plantsoort ondersoek, soos reeds in 2.1 beskryf is. Die eksperiment was uitgevoer by 'n gemiddelde temperatuur van 25.4°C.

Tabel 2. Die gemiddelde aantal larwes, in die wortels en sand bymekaar gereken, verskillende dae na blootstelling aan vatbare en weerstandbiedende plantsoorte. Resultate getransformeer deur \sqrt{n} .

Plantsoort.	Dae		
	4	8	16
Vatbare plante:			
<i>P. vulgaris.</i>	24.3	25.1	22.8
<i>L. esculentum.</i>	26.4	27.2	23.6
Weerstandbiedende plante:			
<i>E. curvula.</i>	27.4	27.9	24.3
<i>A. officinalis.</i>	28.3	23.2	25.0
<i>T. erecta.</i>	28.9	24.5	22.9
<i>C. spectabilis.</i>	25.5	26.7	23.8
Kontrole.	26.6	24.2	23.4

K.B.V. tussen die gemiddelde aantal larwes wat na 4, 8 en 16 dae onderskeidelik nog gevind is.

P = 0.05 2.17
P = 0.01 3.42

K.B.V. tussen die gemiddelde aantal oorlewende larwes onder invloed van die verskillende plantsoorte.

P = 0.05 1.92
P = 0.01 2.63

Uit bogenoemde gegewens blyk dit dus, dat in alle gevalle die totale aantal larwes (in sand en wortels bymekaar gereken), oor 'n tydperk van 16 dae, betekenisvol verminder het, hoewel daar geen betekenisvolle verskille was (by 'n 1%obtd.), tussen die aantal oorlewende larwes in die kontrole, of die larwes wat onder die invloed van vatbare of weerstandbiedende plante was nie. Hierdie vermindering kan dus nie toegeskryf word aan die invloed van die verskillende plantsoorte nie.

Tabel 3. Die gemiddelde persentasie larwes, bereken vanaf die totale aantal larwes, wat die wortels van vatbare en weerstandbiedende plantsoorte binnegedring het.

Plantsoort.	Dae		
	4	8	16
Vatbare plante.			
<u>P. vulgaris.</u>	62.9	65.4	74.3
<u>L. esculentum.</u>	71.1	62.3	68.7
Weerstandbiedende plante.			
<u>E. curvula.</u>	0	0	8.4
<u>A. officinalis.</u>	7.5	0	12.3
<u>T. erecta.</u>	46.2	42.1	56.9
<u>C. spectabilis.</u>	58.4	51.9	71.2
Kontrole.	-	-	-

K.B.V. tussen die gemiddelde persentasies larwes wat na 4, 8 en 16 dae onderskeidelik, 'n bepaalde plantwortel gepenetreer het.

P = 0.05 1.89
P = 0.01 2.68

K.B.V. tussen die gemiddelde persentasies larwes wat die wortels van verskillende plantsoorte gepenetreer het.

P = 0.05 2.17
P = 0.01 3.54

Uit tabelle 2 en 3, kan die volgende afleidings gemaak word:

1. Larwes van M. hapla het daarin geslaag om die wortels van al die plantsoorte te penetreer. Geeneen van die weerstandbiedende plantsoorte is dus immuun teen M. hapla nie. Larwes het die wortels van C. spectabilis na 16 dae skynbaar met dieselfde gemak gepenetreer as die wortels van die vatbare plante (71.2% teenoor 68.7% by tamaties en 74.3% by bone), terwyl betekenisvol minder larwes die wortels van T. erecta (56.9%), A. officinalis (12.3%) en E. curvula (E.t.) (8.4%) binnegedring het. Vernameelik in laasgenoemde twee plantsoorte het baie min larwes die wortels gepenetreer. Hoewel dit by al die plantsoorte opgemerk was, was daar selfs na 30 dae opmerklik baie larwes wat die wortels van Tagetes erecta slegs gedeeltelik gepenetreer het.
2. Die ritleg van die eksperiment was van so 'n aard dat die larwes geen lang afstande na die wortels moes aflê nie. Die meeste larwes het dus ook daarin geslaag om die wortels na 4 dae te penetreer. Dit dien hier genoem te word dat die Asparagus plante veel ouer was as die ander plante. Die wortels is betreklik vlesig en dik in vergelyking met die van ander plantsoorte, wat moontlik 'n oorsaak kan wees van die relatiewe klein persentasie larwes, wat daarin geslaag het om die wortels binne te dring.
3. Omdat na 16 dae geen betekenisvolle verskille waargeneem was tussen die totale aantal larwes (in sand en wortels) in buise met vatbare of weerstandbiedende plantsoorte nie, kan aanvaar word dat onder die bepaalde omstandighede, die wortelafskedings van genoemde plantsoorte, skynbaar geen merkbare verskil in invloed op die larwes het nie.

3. Die invloed van wortelafskedings van *Tagetes erecta* en *Asparagus officinalis* op die besmettingsgraad van tamaties vir *M. hapla*.

Die doel met hierdie eksperiment was om vas te stel of die teenwoordigheid van weerstandbiedende plantsoorte, soos bv. *Tagetes* spp. en *A. officinalis*, wat wortelafskedings met 'n sogesegde nematisiede invloed afskei, enige invloed het op die besmettingsgraad van tamaties. Dit is gedoen deur die weerstandbiedende plantsoort tesame met tamaties in dieselfde pot (erdepotte met deursnee van 12 cms.) in grond te plant. In elke pot is 3 weerstandbiedende plante en 1 tamatieplant geplant en na 4 weke is elke pot benat met 'n larwesuspensie, waarin ongeveer 4,347 larwes van *M. hapla* aanwesig was. Na 'n verdere 3 weke, is die tamatieplante versigtig uit die grond gehaal en die aantal wortelknoppe op die wortels getel, deur van elke tamatieplant, 3 monsters van 1 gram elk onder 'n disseksiemikroskoop te ondersoek. Die volgende kombinasies van plante is gebruik:

1. *Tagetes erecta* + tamaties.
2. *Asparagus officinalis* + tamaties.
3. Tamaties (kontrole).

Vir elke kombinasie is 5 herhalings uitgevoer en die eksperiment is gedoen by 'n gemiddelde temperatuur van 28.3°C.

Tabel 4. Die gemiddelde aantal wortelknoppe per gram wortels van tamaties, wat in die teenwoordigheid van *Tagetes erecta* en *Asparagus officinalis* gegroei het. Resultate getransformeer deur Vn.

Behandeling.	Gemiddelde aantal wortelknoppe per gram tamatiewortels.
Tamaties + <i>Tagetes erecta</i>	4.1
Tamaties + <i>Asparagus officinalis</i>	4.9
Tamaties (Kontrole)	5.1

K.B.V. = 0.05	0.76
= 0.01	1.23

Uit die gegewens blyk dit dus dat daar by 'n 1% onbetroubaarheidsdrempel, geen verskille in die aantal knoppe per gram tamatiewortels was nie, hoewel daar by 'n 5% onbetroubaarheidsdrempel, wel betekenisvolle verskille was tussen tamaties + Tagetes erecta en tamaties + Asparagus officinalis. Tussen die kontrole en tamaties + Asparagus officinalis, was daar egter geen verskille nie. Dit beteken dus dat die tamatieplante onder invloed van die wortelafskedings van Tagetes erecta, effens minder wortelknoppe ontwikkel het, wat eerder te wyte kan wees aan die feit dat veel van die larwes die wortels van die Tagetes plante gepenetreer het (sien eksperiment 2).

4. Die invloed van deurlugting van grond op die oorlewing van M. hapla larwes.

Koen (1961) het bevind dat vrye suurstof prakties ontbreek in grond waar Eragrostis curvula (Ermelo tiepe) groei. Die doel met hierdie eksperiment, is om vas te stel of hierdie gebrek aan vrye suurstof o.m. verantwoordelik is vir die drastiese vermindering van Meloidogyne bevolkings, in grond waar E. curvula (E.t.) gekweek word.

'n Polystereenbuis, 8 cms. in deursnee, is in 12 lengtes van 30 cms. elk gesaag. Onderaan elke buis is 'n plastiekbakkie gelym, om sodoende 'n houër te vorm met 'n soliede bodem. In die bodem van die houër is gevolglik 'n gaatjie geboor om dreinerings toe te laat. Hierdie houers is as geskik vir die eksperiment beskou omdat:

1. Die wande van die houers ondeurlaatbaar is vir lug.
2. Die diepte van die houers (30 cms.) ongeveer die diepte is, waarop die meeste knopwortelwurm in grond voorkom.
3. Die deursnee van die houers klein genoeg is om te verseker dat die lug, wat deur die grond geblaas word, homogeen versprei.

Die lug is deur middel van 'n elektriese pomp deur 'n akwariumsteentjie op ongeveer 20 cms. diepte, in die grond geblaas (sien fig.8).

18 Houers, waarvan 9 met 'n akwariumsteentjie voorsien, is met 'n mengsel van 2 dele grond en 1 deel sand gevul en Eragrostis curvula (Ermelo tiepe) is daarin gesaai. Nege maande later het die gras al 'n digte wortelstelsel ontwikkel. Op hierdie stadium is die gras in elke buis benat met 'n larwesuspensie van M. hapla, waarin ongeveer 14,718 larwes was. Die larwesuspensie is met behulp van 'n pipet op verskillende dieptes in die grond gespuit om te verseker dat die larwes eweredig versprei is. Op hierdie stadium is begin om lug deur 9 houers te blaas. Om te kontroleer of lug wel deur die grond diffundeer is, die buise periodiek met water versadig en is gelet op die borrels wat in die water ontstaan. Dit was in enkele gevalle nodig om soms die grond met gras (wat weens die digte wortelstelsels van die gras 'n silindriese vorm behou het) uit die buis te skud en die akwariumstene skoon te maak. Onderskeidelik 1, 2 en 4 maande na byvoeging van die larwes, is elke keer 3 buise waardeur lug geblaas was en 3 kontrolebuise ondersoek, deur die grond van elke buis in 'n erdepot te skud en daarin 'n tamatieplant te plant. Vier weke later is die wortelstelsels van die tamatieplante verwyder en ondersoek, deur die aantal wortelknoppe per gram tamatiwortels te tel. Drie monsters van 1 gram elk, is van elke tamatieplant ondersoek en die gemiddelde bereken, waarna weer die gemiddelde vir die 3 herhalings van dieselfde behandeling bereken is.

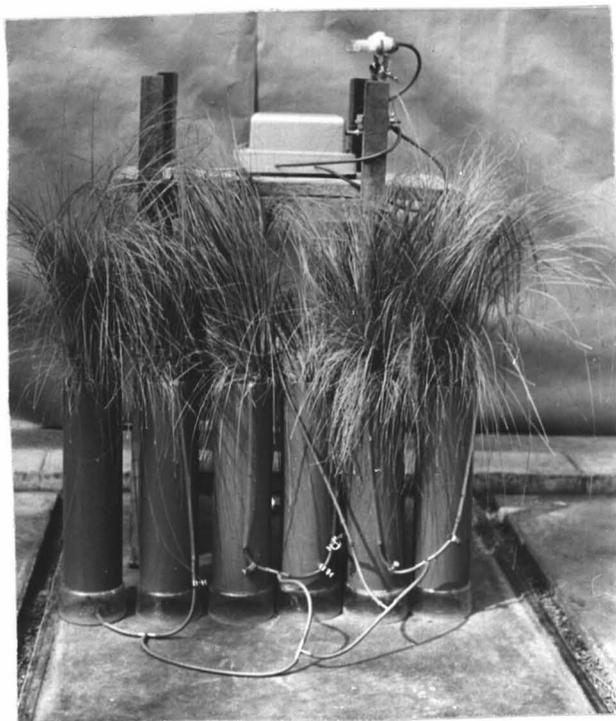
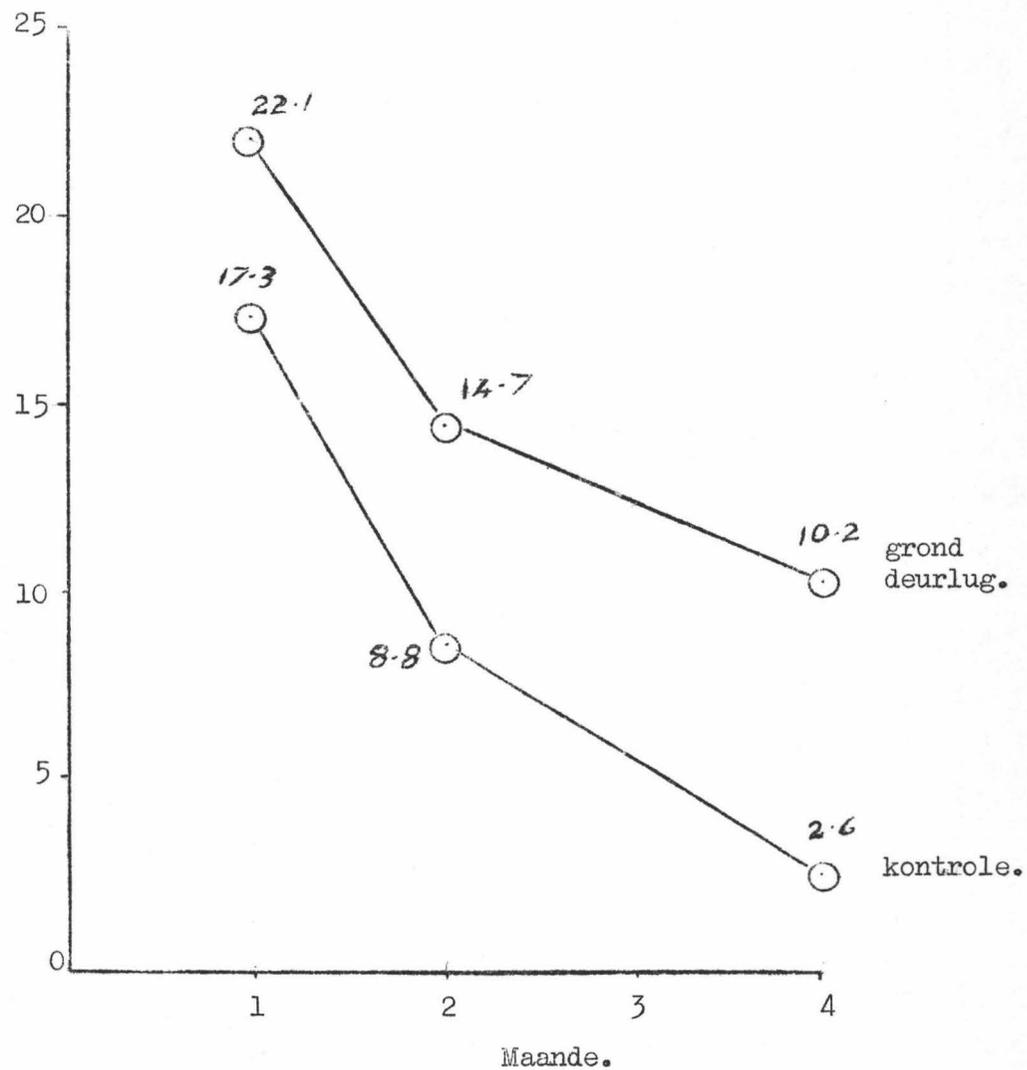


Fig. 8. Die deurlugtingeksperiment in werking.

Fig. 9. Die gemiddelde aantal wortelknoppe per gram tamatiewortels.

Aantal wortelknoppe.



Die toevoer van lug deur elke buis is gereguleer met staalknypers, sodat elke buis ongeveer dieselfde hoeveelheid lug ontvang het. Die eksperiment is uitgevoer by 'n gemiddelde temperatuur van 23.8°C.

Die invloed van die gronddeurlugting is reeds na een maand merkbaar, waar daar by 'n 1% onbetroubaarheidsdrempel reeds 'n betekenisvolle verskil was tussen die aantal wortelknoppe in die grond wat deurlug was en in die kontrole. Na twee en vier maande was die verskil selfs hoogsbetekenisvol. Nietemin het die aantal wortelknoppe, selfs in die grond wat deurlug was, na vier maande betekenisvol verminder, wat daarop dui dat die deurlugting van die grond of nie volkome suksesvol was nie, of dat bykomstige faktore ook 'n invloed op die larwes gehad het. Onder laasgenoemde faktore is die feit dat enkele larwes tog die graswortels penetreer en aldus 'n natuurlike vermindering van die bevolking tot gevolg het. Dit is ook moontlik dat die aanwesigheid van die graswortels, die larwes deurgaans stimuleer om die wortels te penetreer en dat die lewensduur van die larwes weens energieverlies aldus verkort word.

Die vraag ontstaan egter, of hierdie aanvanklik meer suksesvolle oorlewing van die larwes in grond wat deurlug is en die geleidelike afname van die bevolking na twee tot vier maande, ook in die afwesigheid van Eragrostis curvula (E.t.) plaasvind. Ses buise is gevolglik met ligte sandgrond gevul, terwyl ses buise met humusryke grond (een deel sandgrond en twee dele organiese materiaal, afkomstig van verrotte plantreste) gevul is. Die grond in al twaalf buise, is eweredig swaar besmet met 'n larwesuspensie van M. hapla. Drie buise van elke groep is deurlug soos in die voorafgaande eksperiment beskryf is. Na vier maande is tamatieplante in verteenwoordigende grondmonsters uit elke buis geplant en vier weke nadien, is die aantal knoppe per gram wortelgewig bereken.

Tabel 5. Die gemiddelde aantal knoppe per een gram tamatiwortels. Resultate getransformeer deur Vn.

Grondtiepe.	Aantal wortelknoppe:	
	Grond deurlug.	Kontrole
Ligte sandgrond.	8.3	6.9
Humusryke grond.	5.6	4.5

K.B.V. tussen die aantal knoppe per gram wortels van plante wat in deurlugte en ondeurlugte grond gegroei het.

P = 0.05 1.01
P = 0.01 1.28

K.B.V. tussen die aantal knoppe per gram wortelgewig op plantwortels uit verskillende grondtipes, maar wat dieselfde behandeling ontvang het.

P = 0.05 1.33
P = 0.01 1.63

Uit bogenoemde resultate blyk dit dus dat meer larwes in deurlugte sandgrond oorleef het, as in ondeurlugte sandgrond, terwyl slegs by 'n 5% obtd. meer larwes in deurlugte humusryke grond oorleef het. Tweedens het in sowel die kontrole as deurlugte grond, betekenisvol minder larwes in humusryke grond oorleef as in die sandgrond. Ander faktore behalwe die direkte of indirekte invloed van die grondatmosfeer, soos beïnvloed deur die gronddeurlugting, speel dus waarskynlik 'n belangrike rol in die sneller bevolkingsafname in humusryke grond. Hierdie aspek word onder die hoof "Bespreking" nader toegelig.

C. Bespreking.

Uit die literatuur van die afgelope paar jaar, kan dit tans as 'n feit aanvaar word, dat bepaalde plantsoorte wortelafskedings produseer, wat o.m. larwes van knopwortelaalwurms na die wortels aantrek (Wieser 1955, Koen 1961, Bird 1962, Wallace 1958). In die eerste eksperiment van hierdie hoofstuk, is nie alleen bevind dat al die betrokke weerstandbiedende plantsoorte, larwes van M. hapla aangetrek het nie, maar dat weerstandbiedende plantsoorte soos C. spectabilis en A. officinalis, per gegewe tydskuur, selfs meer larwes aangetrek het, as vatbare plantsoorte. Die bevindings van Dropkin (1955), dat die aantrekkingskrag van vatbare plantsoorte onderling betekenisvol kan verskil, is in hierdie eksperimente nogeens bevestig, waar brontjies per gegewe tydskuur, betekenisvol meer larwes as tamaties aangetrek het (65.8% en 60.5% onderskeidelik).

Faktore wat die aantrekkingskrag van plante beïnvloed, is waarskynlik o.m.:

1. Die ouderdom van die plante. Koen (1961) het immers bevind dat C. spectabilis kiemplantte meer larwes van M. javanica in 'n bepaalde tydskuur aangetrek het, as 'n C. spectabilis plant wat 60 dae oud was.
2. Die snelheid van die wortelgroei. Wieser (1955/56) het bevind dat daar 'n korrelasie bestaan tussen die snelheid waarmee tamatiewortels groei en die aantal larwes wat per tydskuur aangetrek word.
3. Die dikte van die plantwortel en dus die oppervlakte waardeur die aantrekkingsstof afgeskei word.
4. Die verband tussen die natgewig en droëgewig van die wortels.

Dit is dus duidelik, dat met die bestaande tegnieke die aantrekkingskrag van verskillende plantsoorte nie kwantitatief vergelykbaar is nie. Wat vir hierdie ondersoek egter van primêre belang is, is dat

sowel die vatbare as weerstandbiedende plantsoorte larwes van M. hapla aangetrek het.

Verskeie plante is gerapporteer, wat 'n produk afskei met 'n nematisiede invloed op bepaalde nematodes in grond. Die bekendste hiervan is waarskynlik die invloed van Tagetes spp. Oostenbrink et.al. (1957) het bevind dat Tagetes erecta en T. patula, bevolkings van bepaalde Pratylenchus en Tylenchorhynchus spp. oor 'n tydperk van 3 tot 4 maande, tot 90% kan verlaag ten spyte daarvan dat die plante lig vatbaar is. Rohde (1958) vind dat Asparagus plante die bevolking van Trichodorus christiei sterk reduseer en dat die nematisiede verbinding selfs 'n gedeeltelike sistemiese werking besit, as dit op tamatieplante gespuit word. In eksperiment 1 van hierdie ondersoek is egter bevind dat Tagetes en Asparagus plante nie alleen larwes van M. hapla sterk aantrek nie, maar in eksperiment 2 is selfs bevind dat afskeidings van die plante geen merkbare invloed op nog die uitsluiting van die larwes uit eiers nog die oorlewing van die larwes in grond het nie. Dit sluit egter nie die moontlikheid uit, dat die wortelafskedings, wanneer gekonsentreerd, 'n invloed op die larwes mag hê nie. Aangesien die larwes nie in genoemde weerstandbiedende plantwortels kan reproduseer nie (vgl. eks.l, hoofstuk 3) word hulle in feite „uit sirkulasie" gehaal. Dit beteken dus dat as die plante vir lang tydperke op besmette grond verbou word, die grondbevolking teoreties sneller moet verminder as in grond waar geen plante verbou word nie. Sulke plantsoorte word populêr „vanggewasse" genoem.

Triffitt en Ellenby (Christie 1959) bemerk dat die wortelafskedings van sekere Cruciferae (Brassica nigra en Brassica hirta), die „hatching factor" van aartappelplante masker of neutraliseer. Rohde et.al. (1958) skryf weer dat tamatieplante nie besmet raak met Trichodorus christiei, as die plante tussen Asparagus plante groei nie en spreek ook die vermoede uit dat die wortelafskedings van lg. die aantrekkingsfaktore van die tamatieplante masker of neutraliseer. In eksperiment 3 is egter bevind dat die wortelafskedings van nog Asparagus nog Tagetes spp. enige betekenisvolle invloed (by 'n 5% btd.) op die besmetting van tamatieplante, met M. hapla het. Wortelafskedings van genoemde plantsoorte het, wat M. hapla betref, dus skynbaar ook geen „nematistatiese" invloed nie.

Koen (1961) wys daarop dat 'n grondbevolking van Meloidogyne spp. waar Eragrostis curvula (E.t.) groei, vinniger verminder as in grond wat onbeplant is. Ook uit eksperiment 1, hoofstuk 4, blyk dit dat hierdie grassoort die bevolking oor 'n tydperk van 4 jaar sodanig verminder het,

dat 'n daaropvolgende aartappeloes 99.6% vry van aalwurmbesmetting was. Nogtans blyk dit uit eksperiment 2 van hierdie hoofstuk dat die graswortels geen afskeiding met 'n nematisiede werking produseer nie en in-teendeel lig besmet word alhoewel die parasiet nie in die wortels ontwikkel nie. Te min larwes penetreer egter die wortels om die plantsoorte as 'n suksesvolle „vanggewas" te beskou. Uit die literatuur is dit bekend dat vrye suurstof in weiland seer beperk is en prakties selfs mag ontbreek (Russel 1950). Omdat Eragrostis curvula (E.t.) 'n baie digte wortelstelsel ontwikkel en slegs die Meloidogyne bevolking verminder wanneer die gras dig geplant is (Koen 1961), het dit die vermoede laat ontstaan dat die gras die larwes indirek dood deur die grondatmosfeer sodanig te wysig dat dit nie gunstig vir die larwes is nie. Trouens, Koen het in 1961 reeds bewys dat grond wat met E. curvula beplant is, op 'n diepte van ongeveer 30 cms. prakties geen vrye suurstof bevat nie. Dit sluit egter nie die moontlikheid uit dat die vermindering van die larwebevolking ten dele veroorsaak kan word deur 'n te hoë CO₂ konsentrasie nie. Dat hierdie bevolkingsvermindering nie alleen te wyte is aan die teenwoordigheid van die graswortels nie, blyk uit tabel 5, waar bevind is dat 'n betekenisvol hoër persentasie larwes in onbeplante sandgrond oorleef, as die grond deurlug word. Uit dieselfde tabel word ook vasgestel dat minder larwes in humusryke grond oorleef as in sandgrond ten spyte van die deurlugting. Dit dui daarop dat ook ander faktore 'n invloed op die larwes het. Toksiese verbindings kan byvoorbeeld ontstaan tydens die afbraakprosesse van plantreste. In hoofstuk 3 word hierdie moontlikheid verder toegelig.

H O O F S T U K 11.

FAKTORE WAT DIE PENETRASIE VAN PLANTWORTELS

DEUR MELOIDOGYNE HAPLA BEÏNVLOED.

A. Literatuuroorsig.

Verskeie navorsers het reeds bevind, dat larwes van Meloidogyne spesies ook die wortels van die meeste weerstandbiedende plantsoorte binnedring (Barrons 1939, Mizogami 1947, Christie 1949, Frazier en Dennett 1949, Gilbert en Mc. Guire 1952, Shibuya 1952, Dean en Struble 1953, Riggs 1959 ens.). Koen (1961) berig dat hy in veldproewe waargeneem het dat aartappelknolle, wat in abnormaal vogtige grond groei, groter lenti-openinge gehad het en 'n swaarder knopwortelbesmetting opgedoen het, as aartappels wat in grond met 'n normale voggehalte gegroei het. Koen skryf die swaarder besmetting daaraan toe, dat larwes die knolle met meer gemak deur die vergrote lenti-openinge binnedring. Godfrey en Oliviera (1932) sowel as Peacock (1959), merk dat larwes dikwels in groot aantalle op 'n bepaalde punt 'n wortel penetreer, waarskynlik deur dieselfde opening wat deur die eerste larwe gemaak is, of deur 'n verwonding. Koen (1961) vind dat slegs enkele larwes daarin slaag om wortels van Eragrostis curvula (Ermelo tiepe) te penetreer. As wortels egter met 'n dissekteernaald verwond word, dring veel meer larwes die wortels binne. Seinhorst en Dunlop (1945) vind ook dat 'n seleksie van Solanum demissum, suiwer meganiese weerstand bied teen die penetrasie van Ditylenchus dipsaci. Soortgelyke waarnemings word berig deur Peacock (1959) en Dijkstra (1957). Christie (1949) kom tot die slotsom dat daar 'n korrelasie bestaan tussen die doeltreffendheid van 'n gasheer en die gemak waarmee larwes die wortels penetreer.

Barrons (1939), Riggs (1959) en Shepherd (1959), vind ~~weer~~ dat sommige weerstandbiedende plantsoorte net so swaar besmet raak as vatbare plantsoorte.

Linford (1937/39) bevind dat die binnedringing van plantwortels deur knopwortelaalwurms, gewoonlik tussen twee epidermale selle plaasvind. Die larwes produseer waarskynlik 'n afskeiding deur die mondstekel, wat die penetrasie van die selwand vergemaklik. Volgens Machlis en Torrey (1956), is die meeste selwande opgebou uit o.s. bestanddele, uitgedruk in persentasies:

Tabel 6. Die bestanddele van selwande, uitgedruk in persentasies.

Bestanddeel.	Primêre wand. (Coleoptiel)	Saphout.	Strooi.
Sellulose.	36 - 40	45	44
Nie-sellulose polysaccharides.	} 30	15	9
Hemisellulose.		4	23
Pektiese bestanddele.	13	1.6	1.0
Ligniëne.	0	21	18
Was.	20	-	-

B. Die ondersoek.

1. Die invloed van minerale voeding van plante op die eventuele besmettingsgraad.

Lycopersicon esculentum (tamaties) is in vermiculiet, benat met 'n volledige voedingsoplossing van Hoagland, ontkiem. Vier weke later is die plantjies uitgeplant in 30 erdepotte gevul met growwe gruis, om deeglike dreinerings toe te laat. Al die plante is vir 'n verdere twee weke, elke derde dag benat met 'n volledige voedingsoplossing, waarna slegs 15 potte vir 'n verdere twee weke 'n voedingsoplossing ontvang het. Nog 'n verdere twee weke later, kon 'n baie duidelike verskil in groei tussen die twee groepe plante waargeneem word. Op hierdie stadium is 5 plante van elke groep met 'n larwesuspensie van M. hapla besmet. Dieselfde prosedure is een en twee weke later met die res van die plante gevolg. In alle gevalle is die plante een week na inokulasie verwyder. Van elke plant is twee verteenwoordigende wortelmonsters van een gram elk, met suurfuchsinlaktofenol gekleur en onder 'n disseksiemikroskoop ondersoek.

Die eksperiment is uitgevoer by 'n gemiddelde temperatuur van 22.3 grade Celsius.

Tabel 7. Die gemiddelde aantal larwes per gram wortels van twee groepe tamatieplante, wat onderskeidelik 'n volledige en geen voedingsoplossing ontvang het. Resultate getransformeer deur Vn.

Behandeling.	Gemiddelde aantal parasiete na		
	1 week.	2 weke.	3 weke
Volledige voedingsoplossing.	4.7	5.4	5.0
Geen voedingsoplossing.	4.2	4.1	3.8

K.B.V. tussen die gemiddelde aantal parasiete vir dieselfde behandeling, maar na verskillende weke.

P = 0.05 0.39
P = 0.01 0.81

K.B.V. tussen die gemiddelde aantal parasiete vir die verskillende behandelings, maar op dieselfde tydstip.

P = 0.05 0.42
P = 0.01 0.93

Uit bogenoemde resultate blyk dit dus dat die aantal larwes wat die wortels na 1 en 3 weke onderskeidelik gepenetreer het, by die plante wat 'n volledige voedingsoplossing ontvang het, nie betekenisvol verskil nie. Dit is egter by 'n 5% obtd. wel die geval by plante wat geen voedingsoplossing ontvang het nie, nieteenstaande die feit dat die plante tydens inokulasie reeds swakker gegroei het as die plante wat 'n volledige voedingsoplossing ontvang het. Na drie weke was daar egter wel by 'n 1% obtd. betekenisvolle verskille tussen die aantal parasiete in die wortels van plante met en sonder 'n voedingsoplossing. Dit nag wees omdat:

1. Minder larwes die wortels van swak groeiende plante gepenetreer het, as die wortels van gesonde plante.
2. Larwes in die wortels weens 'n voedingsgebrek doodgegaan het.
3. Larwes indirek doodgegaan het weens afsterwing van wortels.

2. Die invloed van die ouderdom van plante op die besmettingsgraad.

Die doel met hierdie eksperiment was om vas te stel of die wortels van ouer plante, hetsy weerstandbiedend of vatbaar, meer weerstand bied teen die penetrasie van M. hapla larwes.⁽ⁱ⁾ L. esculentum is as 'n vatbare plantsoort en C. spectabilis en A. officinalis as weerstandbiedende plantsoorte ondersoek.

Die verskillende plantsoorte is in grond in kleipotte van 8 cm. diameter geplant. Ses weke later is dieselfde plantsoorte weereens in soortgelyke potte geplant. Toe die laaste groep plante twee weke oud

(i) Ritter en Ritter (1958) het bevind dat die ontwikkeling van die parasiet in ouer tamatieplante sneller is en dat ouer plante ook vroeër aangetas word as jonger plante.
Comptes rendus des Séances de l'Académie des Sciences, Paris, 426 (13): 2054.

was, is die plante van beide groepe gelyktydig met 'n gelyke hoeveelheid larwesuspensie van M. hapla geïnokuleer. Na 5 dae is al die plante verwyder en die wortelstelsels ondersoek, deur dit met suurfuchsinlaktofenol te kleur. Van elke plant is 2 monsters van 1 gram elk ondersoek. In die geval van die jong plante, was nie altyd 1 gram wortels beskikbaar nie en is die aantal larwes per wortelselsel herlei na 1 gram.

Daar is veral gelet op die posisie van die larwes in die wortels. Die gemiddelde temperatuur in die glashuis was 19.2°C (min.) en 26.3°C (maks.).

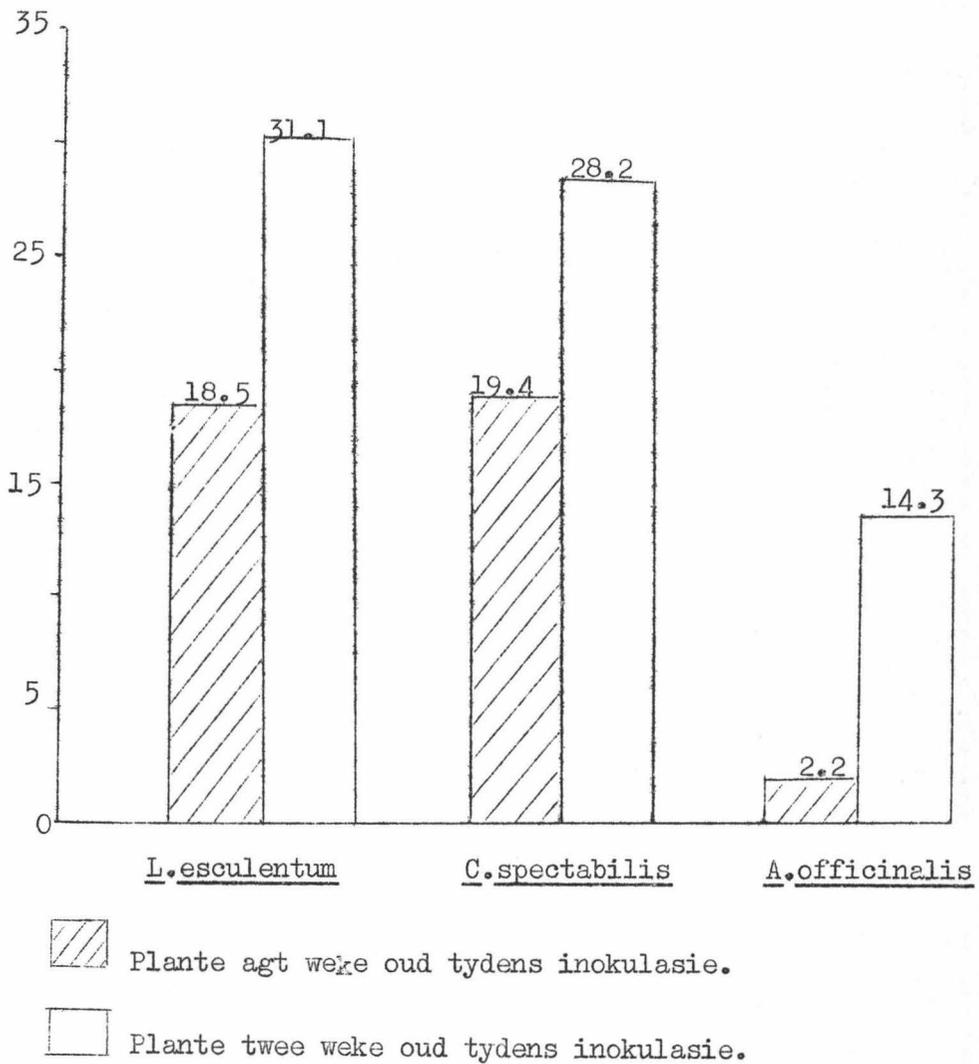
Dit is opgemerk dat sowel by die ou as jong plante die meeste larwes in die wortelpunte aangetref word. Dikwels egter is 'n groepie larwes bymekaar in die ouer worteldele gevind. Dit kan moontlik verklaar word dat die larwes oorspronklik by die wortelpunt gepenetreer het, maar dat die beskadiging aan die wortel nie sodanig was dat die groei van die wortel volledig gerem was nie. Of die larwes het die wortel almal by dieselfde, of enkele plekke, binne gedring waar 'n opening was, hetsy veroorsaak deur 'n larwe of weens meganiese beskadiging. Dit is ook dikwels opgemerk dat larwes die wortel penetreer waar 'n sywortel uit die sêkundêre wortel breek. Hierdie verskynsels is veral by die ouer plante waargeneem.

Sien fig. 10.

Met die eerste oogopslag wil dit uit fig. 10 voorkom asof veel meer larwes die jonger plante se wortels penetreer as die ouer plante se wortels. Hierdie waarneming is egter nie volkome betroubaar nie, aangesien die wortels van die ouer plante veel dikker en gevolglik swaarder was. Dit is egter duidelik dat na verhouding veel minder larwes die wortels van Asparagus plante penetreer (2.2 teenoor 14.3 vir jonger plante), as wat die geval by die ander twee plantesoorte was. Dit skyn dus asof die meganiese weerstand wat plantwortels teen penetrasie van die larwes bied, by Asparagus plante sterker toeneem namate die plante ouer word, as by die ander twee plantsoorte.

Fig. 10. Die gemiddelde aantal larwes wat die wortels van jong en volwasse plante penetreer.

Aantal laewes per gram wortelgewig.



C. Bespreking.

Uit die literatuuroorsig blyk dit dat die wortels van bepaalde plantsoorte, weerstand bied teen die penetrasie van knopwortelaalwurms. Ander plantsoorte, en dit sluit ook weerstandbiedende plantsoorte in, bied relatief min weerstand, soos bv. C. spectabilis. In eksperiment 1, is bevind dat wanneer plante onder ongunstige voedingstoestande groei, waarskynlik minder larwes die wortels penetreer en in eksperiment 2 is bevind dat minder larwes die wortels van ouer plante penetreer as van jong plante. Die feit dat minder larwes swak groeiende plantwortels penetreer, kan waarskynlik te wyte wees aan een of meer van onderstaande faktore:

1. Die wortels produseer minder van die aantrekkingsfaktor.
2. Die konsentrasie van die aantrekkingsfaktor is laer.

Dat minder larwes ouer plantwortels, of wortels van bepaalde plantsoorte penetreer, mag te wyte wees aan een of meer van o.s. faktore:

1. Die selwande van ouer wortels is dikker as dié van jong wortels, en word dus moeiliker gepenetreer.
2. Die samestelling van selwande van ouer plantwortels en jong wortels verskil. Die selwande van ouer wortels bevat bv. meer ligniene as jong wortels.
3. Ouer wortels mag larwes van knopwortelaalwurms nie so sterk aantrek as jong wortels, of wortels van jonger plante nie. Koen (1961) het inderdaad bevind dat ouer plante van C. spectabilis minder larwes van M. javanica aangetrek het, as jong plante, (minder of laer konsentrasie aantrekkingsstof?)
4. Linford (1941) het bevind dat Meloidogyne larwes 'n afskeiding deur die mondstekel produseer, wat die penetrasie van selwande vergemaklik. Die af- of aanwesigheid van bepaalde verbindings in bepaalde plante se wortels, mag daarvoor verantwoordelik wees, dat die afskeidings van die larwes geen invloed op die plantweefsel het nie. In die volgende hoofstuk egter, word hierdie aspek breedvoeriger bespreek.

Dat plantwortels wel meganiese weerstand bied teen die penetrasie van die larwes is, soos in die literatuuroorsig vermeld, reeds geïllustreer deur die bevindings van bv. Godfrey en Oliviera (1932),

Peacock (1959), Seinhorst en Dunlop (1945), Koen (1961) e.a. Hierdie feit word in eksperiment twee nogeens bevestig, waar veel meer larwes gevind is in die sagter worteldele (wortelpunte), of waar toegang deur verwondinge of ander openinge vergemaklik is. Hierdie waarnemings geld vir sowel vatbare as weerstandbiedende plantsoorte. Sommige weerstandbiedende plantsoorte, soos A. officinalis (of E. curvula, vgl. Koen 1961) bied dus ook weerstand teen penetrasie van die larwes, terwyl daar oënskynlik geen verskil in meganiese weerstand bestaan tussen weerstandbiedende plantsoorte soos C. spectabilis en 'n vatbare plantsoort soos tamaties nie.

H O O F S T U K 111.

FAKTORE WAT DIE PARASITERE ONTWIKKELING VAN
MELOIDOGYNE HAPLA BEINVLOED.

A. Literatuuroorsig.

1. Reaksies en invloed van plantweefsel.

Nadat 'n nematode 'n plantwortel gepenetreer het, is die verdere ontwikkeling afhanklik van die geskiktheid van die gasheerplant. 'n Ideale toestand, volgens Dropkin (1955), sou 'n staat van vredeliewende naasbestaan tussen die plant en parasiet wees. Die eventuele skade wat 'n besmette plant opdoen, berus op baie faktore. Weerstandbiedende of minder geskikte gasheerplante, kan ook besonder nadelig beïnvloed word deur selfs 'n medium besmetting. In sulke gevalle is daar 'n weder-sydse nadelige invloed.

Dropkin (1955) skryf dat sommige plantsoorte meer weerstandbiedend word namate hulle ouer word. Loos (1953) vind dat jong teeplante vatbaar en ouer plante weerstandbiedend teen die meeste knopwortelaalwurm spesies is. Chitwood (1951/52) vind dat tamaties, perskes en limabone beter groei by 'n gemiddelde knopwortelaalwurmbesmetting, waarskynlik weens die vorming van sywortels.

Plante kan nie sirkulerende antiliggame produseer teen infeksie nie, maar kan tog hewig daarop reageer. Hoogs gespesialiseerde nematodes vereis gewoonlik 'n hoogs gespesialiseerde reaksie van die plantweefsel en as dit nie gebeur nie, word die ontwikkeling van die parasiet benadeel. Barrons (1939) skryf dat die onvermoë van die parasiet om in weerstandbiedende plantwortels te ontwikkel, daaraan te wyte is dat die plant nie op die teenwoordigheid van die parasiet reageer nie. Christie (1949) is van mening dat weefsels van verskillende plantsoorte of verskillende weefsels van dieselfde plant, verskillend reageer op 'n gegewe stimulus (afskeiding van nematode) en dit is die rede waarom

bepaalde plantsoorte goeie gasheerplante is en ander nie.

a. Reuseselvorming.

Nadat 'n knopwortellarwe 'n plantwortel gepenetreer het, word 'n ensiem(e) deur die mondstekel afgeskei, wat die plantselle om die kop van die larwe stimuleer om sterk te verdeel en te vergroot. Die tussenselwande van enkele selle disintegreer, sodat die inhoud van die selle aaneen vloei om meerkernige protoplasmanmassas te vorm. Sulke selle staan bekend as „reuseselle” (Christie 1959). Indien die parasiet verwyder word, breek die reuseselle af (Bird 1962). Die parasiet voed op die inhoud van hierdie selle en Rohde (1960) skryf dat reuseselvorming noodsaaklik is vir die ontwikkeling van Meloidogyne spp., asook vir Heterodera rostochiensis (Kühn 1958). Rohde is van mening dat reuseselvorming veral noodsaaklik is in wortels met dikwandige selle, wat die parasiet nie maklik kan deurboor nie. Christie vind egter dat reuseselvorming nie nodig was vir die ontwikkeling van die parasiet in die callusweefsel van Pelargonium graveolens en knolle van Calladium spp. nie. Machmer (volgens Christie 1949), het bevind dat Meloidogyne in die basis van die stingels van die Geranium roos, waar die selle dunwandig is, ontwikkel, maar nie in die wortels van dieselfde plant, waar die selle dikwandig is nie. Christie skryf voorts dat as die plant nie reageer op die afskeidings van die parasiet nie, die larwe gou omring sal wees deur gespesialiseerde vasiculêre weefsel en baie selwande sal dan te dik wees om te penetreer. Veel selle sal dan ook dermate gevakuoliseer wees, dat al word hulle deurdring, hulle as voedselbron nutteloos sal wees. Omdat larwes slegs selle naby hul koppe kan bereik, sal hulle weens uithongering afsterf. Dwarssnitte deur besmette Tagetes wortels, het getoon dat die reaksie van die plantweefsel om die kop van die parasiet, na agt dae soortgelyk was aan toestande om die kop van larwes na een dag in tamatiewortels. In die Tagetes wortels was geen reuseselle nie en die larwes was ses tot agt dae na penetrasie reeds dood. Riggs (1959) vind reuseselle in vatbare tamatiewortels 19 uur na penetrasie en in weerstandbiedende tamatiewortels eers 96 dae na penetrasie.

Nusbaum (1958) het bevind dat wanneer maleïnehydrazide (maleic hydrazide) op tabakplante gespuit word, reuseselvorming, en die ontwikkeling van die parasiet, verminder het. Hieruit lei Nusbaum af, dat die parasiet 'n afskeiding produseer wat die groei van plante stimuleer of die plant stimuleer om 'n groeistof te produseer. Bird (1962) vind inderdaad 'n groeistimulerende bestanddeel in knoppe veroorsaak deur Meloidogyne besmetting, maar nie in die aangrensende weefsel nie. Mountain (1960) wys daarop dat Maleic hydrazide vir geruime tyd reeds as 'n anti-auxien bekend is. Zinovev (1957) vind dat Meloidogyne spp. behalwe amilase, ook 'n proteolitiese ensiem nl. protease afskei. Mountain (1960) redeneer dat hierdie proteolitiese ensiem instaat behoort te wees om I.A.A. (indoolasynsuur) in wortels vry te stel. Volgens Bonner (1950) is I.A.A. in plantweefsel in die eerste plek verbonde aan proteïene. Deur die inwerking van proteolitiese ensieme soos bv. chemotrypsin, op hierdie verbindings, kan groeisubstansies vrygestel word (vgl. ook Tracey 1958). Mountain skryf voorts dat I.A.A. ook vrygestel kan word deur die inwerking van proteolitiese ensieme op strukturele proteïene. Die splyting van die peptiede bindings in die proteïenketting sal 'n aantal aminosure vrystel, waaronder tryptofaan, wat deur die plant tot I.A.A. verwerk kan word. Hierdie oormaat I.A.A. mag die oorsaak wees van abnormale selverdelings, wat op hulle beurt weer 'n geskikte voedingsmilieu vir die parasiet kan skep. Dir mag ook verantwoordelik wees vir die abnormale aantal sywortels wat ontwikkel, veral tydens M. hapla besmetting. Volgens Fairbairn (1960), skei Meloidogyne spp. meer ensieme af by temperature van 24°C, as by laer temperature.

b. Nekrosevorming.

Verskeie navorsers het bevind dat plantselle van sommige weerstandbiedende plantsoorte, nekroties raak sodra dit in aanraking met Meloidogyne larwes kom (Barrons 1937, Christie 1949, Mizogami en Shibuya volgens Christie 1959, Seinhorst 1956, Liao en Dunlop 1950, Doncaster 1953, Riggs 1959 e.a.). Laasgenoemde vind nekrotiese weefsel in weerstandbiedende tamatiewortels, 24 uur nadat larwes die wortels gepenetreer het en Dean en Struble vind nekrose in patats (sweet pota-

toes) 48 uur na penetrasie.

Christie (1946) skryf dat die nekrotiese weefsel die patogeen omring sodat dit uithonger en sterf, maar beskou dit nie as die belangrikste meganisme van weerstandbiedendheid nie. Sowel Seinhorst (1961) as Christie (1949) is van mening dat die nekrosevorming 'n hypersensitiewe reaksie van die plantweefsel op die sekresie van die nematodes is, terwyl Bingefors (1953) van mening is dat nekrosevorming bloot 'n gevolg van meganiese beskadiging is. Hierop stel Christie die vraag waarom nekrosevorming dan nie by vatbare plantsoorte voorkom nie. Myuge (Mountain 1960) vind dat aartappelweefsel besmet met Ditylenchus, die respirasie met 1.5 maal verhoog. Die afbraak van proteïene, met gevolglike koagulasie onder invloed van ammoniak, veroorsaak dan nekrosevorming. Mountain en Patrick (1959) vind dat nekrosevorming in perskewortels besmet met Pratylenchus penetrans, te wyte is aan fytotoksiese bestanddele wat vrygestel word wanneer amygdalin in die wortels deur afskeidings van die nematode gehidroliseer word. Amygdalin kom nie in alle plantsoorte voor nie. Wallace (1961) huldig die teorie dat bruin vlekke veroorsaak deur Aphelenchoides ritzemabosi op Chrysanthemum blare, veroorsaak word deur meganiese beskadiging, waardeur polyfenoloksidase in die plant in aanraking kom met polyfenole en dit oksideer tot quinone, wat dan polimeriseer tot bruin bestanddele.

c. Toksiese verbindings in plante.

Verskeie navorsers het al daarin geslaag om verbindings met 'n nematisiede werking uit plantweefsels te isoleer, waaronder Shepherd (1951), Krotov, Singh en Volette (Rohde 1960), en Rohde (1960). Huijzman (1956) is dan ook van mening dat die weerstandbiedende aartappel Andigenum, waarskynlik 'n verbinding met nematisiede werking bevat wat Heterodera rostochiensis larwes dood. Ook Riggs (1959) vind dat Meloidogyne larwes wat weerstandbiedende tamatiewortels penetreer, binne 96 uur dood is, terwyl die larwes andersins tot drie weke in vlak water bly leef. Hy redeneer dat dit moontlik aan energieverlies gedurende die penetrasieproses te wyte kan wees, maar skryf dit tog eerder toe aan nematisiede verbindings in wortels.

Shibuya (Riggs 1959) dink dat die verskil tussen weerstandbiedende en vatbare patats, geleë mag wees in die aanwesigheid van bepaalde proteïenfraksies en Riggs (1959) skryf dat dit ook moontlik die geval by weerstandbiedende tamaties is. Die parasiet kan 'n ekskresie produseer wat die proteïene van weerstandbiedende plante laat koaguleer, waartydens 'n byproduk met nematisiede werking mag ontstaan. Shepherd (1959) skryf dat die dodingsyfer van Heterodera schachtii larwes besonder hoog is in wortels van vatbare en weerstandbiedende plantsoorte. Die dooie parasiete verdwyn later - selfs die kutikula - en sy wyt dit aan bakteriese afbraak of outoliese.

d. Plantvoeding.

Chitwood en Oteifa (1952) ondersoek die invloed van plantvoeding op die ontwikkeling van die parasiet en beskryf die ondersoekgebied as „chemiese patologie“. Dit is duidelik dat parasitêre nematodes die minerale samestelling en fisiologie van die plant beïnvloed, hetsy deur verkleining van die absorpsieoppervlakte, verhinderings in water en voedselvervoer of differensiële absorpsie van minerale deur die parasiet. Dit is noodsaaklik dat ons te wete moet kom welke voedsel die nematodes verbruik en hoe die afskeidings en ensieme van die nematodes funksioneer.

Volgens Rohde (1960) het Bessey in 1911 gevind dat kaliumbemesting tot gevolg het dat 'n goeie oes ingesamel kan word, ten spyte van 'n hewige knopwortelbesmetting. Oteifa (1951) het getoon dat Meloidogyne spp. groot hoeveelhede kalium uit plante onttrek en dat kaliumbemesting die snelheid van reproduksie van die aalwurm verhoog. Rohde (1960) skryf dat Crittenden gevind het dat sojabone wat in grond met 'n kalium tekort groei, meer weerstandbiedend teen Meloidogyne soorte is as andersins. Oteifa (1952) vind 'n ooreenkoms in die toenemende besmettingsgraad en afnemende groei by plante en vind dat besmette plante minder N, P, K, Ca en Mg bevat as onbesmette plante. Hierteenoor vind Maung en Jenkins (1959) 'n verhoging in N, P en K in die wortels van tamaties wat swaar besmet was met M. incognita acrita, maar geen verskil by 'n betreklike ligte infeksie nie.

Dropkin en King (1956) vind dat die swak groei van tamaties wat swaar besmet was met M. incognita of M. arenaria, te wyte was aan

die feit dat die parasiet ongeveer 10% van die plant se totale K inhoud verbruik het.

Bird (1960) vind dat M. javanica vinniger ontwikkel op tamatieplante wat 'n enkele minerale gebrek het, as plante wat 'n volledige voedingsoplossing ontvang, veral by plante wat blootgestel was aan 'n N tekort. Hy noem twee redes ter verduideliking:

1. Normale plante toon groter weerstandbiedendheid teen die parasiet. Bird dink egter dis onwaarskynlik.
2. Die parasiet reageer op die verstoorte metabolisme in die plant, deur vinniger te groei, of vind die gestoorde toestand meer geskik vir ontwikkeling, deurdat dit lei tot die akkumulering van stowwe wat voordelig is vir die nematodes.

Tyler (1933) vind dat die ontwikkeling van knopwortelaalwurms oor die algemeen ooreenstem met die toestand van die gasheerplant. Sy skryf dat as een larwe per kiemplant geïnokuleer word, die parasiet in 50% van die gevalle sy lewenssiklus voltooi, maar as meer larwes per kiemplant geïnokuleer word, slegs 10% die lewenssiklus voltooi.

Koen (1961) besmet boontjieplante met M. javanica en stel die plante bloot aan voedingsoplossings waarin in elke geval slegs een minerale element, nl. N, P, K, Mg, Ca, S en Fe, ontbreek en vergelyk dit met plante wat geen minerale oplossing ontvang het nie en plante wat 'n volledige oplossing ontvang het. Hy vind dat betekenisvol meer individue na 27 dae by 'n gemiddelde temperatuur van 27°C eiersakke gevorm het op die plante wat 'n volledige voedingsoplossing ontvang het, as op plante wat slegs aan een minerale gebrek blootgestel was. Koen vind egter geen betekenisvolle verskille tussen besmettings op plante wat elke keer slegs aan een minerale gebrek blootgestel was nie en hy kom tot die gevolgtrekking dat M. javanica in boontjiewortels, slegs beïnvloed word deur die algemene toestand van die plant en nie soseer deur die gebrek aan die een of ander bepaalde minerale element nie. Koen vind terselfdertyd dat M. javanica besmetting op boontjieplante, sowel die waterabsorpsie as waterverlies (transpirasie) van die plante verlaag. Hy skryf dat wanneer die stingels en blare van besmette boontjieplante afgesny word, die ontwikkeling van die parasiet in die wortels erg benadeel word weens die ontbinding daarvan. Waar die bopgrondse plantdele sewe dae na penetrasie verwyder is, het slegs 6.3% van die individue volwassenheid bereik, teenoor 32.3% na 14

dae. Hierdie individue was dan ook in die dikker wortels na aan die stingelbasis geleë.

2. Die invloed van omgewingsfaktore.

'n Verskeidenheid faktore, uitgesonderd die plant self, het ook 'n invloed op die ontwikkeling van die parasiet, hetsy direk of indirek via die plant.

a. Temperatuur.

Godfrey (1926) skryf dat die invloed van temperatuur op knopwortelwurm in plantwortels, sowel direk as indirek is. Hy vind dat knopontwikkeling benede 16°C , merklik minder is as twee of drie grade hoër. By 10°C en 12°C is knopvorming seldsaam. Thomason (1957) vind dat by 35°C , die reproduksie van verskillende Meloidogyne spp. onsamehangend en merklik gereduseerd is. Volgens Tyler (1933) is die drempelwaarde vir eierafsetting 14.3°C en die minimum temperatuur vir ontwikkeling van larwe tot eierafsetting 13.3°C . Van der Linde (1956) vind dat by 'n temperatuur van 0.6°C alle larwe en volwasse stadia na 'n tydperk van een maand gedood word, maar nie die eiers nie. Gillard (1961) vind geen knopvorming deur M. hapla, wanneer larwes vir 2 dae aan -10°C blootgestel was nie. Hierdie resultate verskil van resultate aangeteken deur Sveshnikova en Petrova. Gillard verklaar die verskille as sou dieselfde spesie van verskillende klimatologiese gebiede, verskillend op temperature reageer. Ook Daulton en Nusbaum (1961) vind soortgelyke resultate en vind selfs dat 'n bevolking van knopwortelwurm na 'n aantal generasies, by gewysigde temperature aanpas. Soos in die inleiding genoem, verskil die optimum temperature van die verskillende spesies (Walker 1960/62).

b. Lig.

Tarjan en Hopper (1953) vind dat deur bykomende beligting van besmette tamatieplante by 'n temperatuur van 26.5°C, die aantal wyfies en eiersakke met 57% vermeerder, dit egter sonder om die reproduksie-indeks te beïnvloed. By 19°C het die verlengde fotoperiode egter geen invloed gehad nie. Gillard en Van den Brande (1956) vind dat nie alleen die fotoperiode, maar tewens ook die golflengte van lig, die aktiwiteit van die parasiet beïnvloed. Plante wat in rooi lig gekweek was, het sterker gegroei, maar was ook swaarder besmet, as plante wat in groen, blou of wit lig gekweek was.

c. Waterstofioonkonsentrasie.

Godfrey en Hagan (1933) stel vas dat pH waardes van grond hoër as 7.6, 'n geringe reduksie van knopwortelaalwurms tot gevolg het. Small (1954) wys daarop dat die pH van plantweefsel gewoonlik suur is en met enkele uitsonderinge wissel van 4.0 tot 6.2 vir vegetatiewe weefsel. Die pH van selsap mag egter wissel van 1.4 tot 7.4. Buitengewoon lae pH's, is te wyte aan organiese sure soos oksaalsuur, maleïensuur en citroensuur. Aangrensende weefsels mag verskillende pH waardes hê. Dit is nie bekend of weefselveranderinge as gevolg van nematode besmetting, 'n verandering in die pH tot gevolg het nie.

B. Die ondersoek.

1. Vergelykende ontwikkelingsnelheid van *M. hapla* in die wortels van vatbare en weerstandbiedende plantsoorte.

Die plantsoorte wat in hierdie eksperiment gebruik is, is in grond in kleipotte by 'n gemiddelde temperatuur van 24.3°C gekweek. Toe die kienplante redelik sterk was, is die grond besat met 'n larwesuspensie van *M. hapla* larwes (ongeveer 87 larwes per ml. en 20 ml. per pot). Twee dae later is al die plante versigtig uit die pot gehaal, in kraanwater afgespoel en in onbesmette grond herplant, om verdere penetrasie van larwes te voorkom. Onderskeidelik 2, 7, 14, 21 en 28 dae nadat die plante besmet was, was elke keer twee plante ondersoek, deur die wortels in suurfuchsinlaktofenol te kleur en dan uit elke wortelstelsel voor die voet 100 parasiete te dissekteer. Die parasiete is dan volgens hulle ontwikkelingstadia geklassifiseer (sien fig. 3 bladsy 7) en die gemiddelde vir die twee plante van elke plantsoort is bereken.

Tabel 8. Die gemiddelde persentasie individue in verskillende stadia van ontwikkeling, verskillende tye nadat hulle op vatbare en weerstandbiedende plantsoorte geïnokuleer is.

Dae na inokulasie.	Ontwik. stadium	Vatbare plants.		Weerstandbiedende plantsoorte.			
		<u>P.vul-garis</u>	<u>L.esculentum</u>	<u>E.curvula</u>	<u>A.officinalis</u>	<u>T.erec-ta</u>	<u>C.spec-tabilis</u>
2.	a	100	100	100	100	100	100
	b	0	0	0	0	0	0
	c	0	0	0	0	0	0
	d	0	0	0	0	0	0
7.	a	81.2	75.0	100	100	100	98.2
	b	18.8	0	0	0	0	1.8
	c	0	0	0	0	0	0
	d	0	0	0	0	0	0
14.	a	13.7	10.6	-	100	97.9	95.4
	b	78.4	82.8	-	0	2.1	4.6
	c	7.9	6.6	-	0	0	0
	d	0	0	-	0	0	0
21.	a	11.3	12.6	100	100	100	92.6
	b	21.4	16.3	0	0	0	7.4
	c	60.1	54.7	0	0	0	0
	d	7.2	15.0	0	0	0	0
	e	0	1.4	0	0	0	0
28.	a	5.2	7.6	-	100	100	93.5
	b	9.9	7.5	-	0	0	6.5
	c	51.3	31.7	-	0	0	0
	d	29.2	34.7	-	0	0	0
	e	14.4	18.5	-	0	0	0

- a = Besmetlike tweede stadium larwe.
- b = Parasitiese tweede stadium larwe.
- c = Derde stadium larwe.
- d = Volwasse wyfie.
- e = Volwasse wyfie met eiersak.

K.B.V. tussen die gemiddelde persentasies parasiete in dieselfde ontwikkelingstadium, maar in die wortels van verskillende plantsoorte.

P = 0.05 2.31
P = 0.01 3.87

K.B.V. tussen die gemiddelde persentasies parasiete in verskillende ontwikkelingstadia, maar vir dieselfde plantsoort.

P = 0.05 1.84
P = 0.01 2.75

Uit bogenoemde resultate blyk dit dat M. hapla hoegenaamd nie in die wortels van E. curvula (E.t.) ontwikkel nie, terwyl slegs enkeles in die wortels van Tagetes erecta en C. spectabilis ontwikkel het, maar dan ook nooit verder as die parasitiese tweede stadium nie.⁽ⁱ⁾ By die vatbare plantsoorte is bemerk, dat daar by almal selfs na 28 dae, nog steeds larwes was wat nie ontwikkel het nie. In tamatieplante het na 28 dae betekenisvol meer wyfies eiers afgeset as in boontjie-wortels. In tamatiewortels het egter ook betekenisvol meer larwes na 28 dae geen ontwikkeling getoon nie. Larwes wat nie ontwikkel het nie, is dikwels tesame in wortelpunte aangetref. Daar is nooit larwes met en sonder ontwikkeling in dieselfde wortelgedeelte aangetref nie. Dit is ook dikwels bemerk dat verskeie individue in dieselfde knop, min of meer dieselfde ontwikkelingstadium bereik, op 'n tydstip dat verskeie individue in 'n ander knop, maar van dieselfde plant, almal in 'n ander stadium van ontwikkeling verkeer. Omdat altyd slegs die eerste honderd parasiete wat gevind was, ondersoek was, was om genoemde redes nie altyd 'n verteenwoordigende beeld van die algemene ontwikkelingstadium van die parasiet op 'n bepaalde tydstip gekry nie. Redes waarom sommige individue in die vatbare plantwortels traag of gladnie ontwikkel het nie,

(i) Koen het by 'n enkele vorige geleentheid in Suid-Afrika, verskeie volwasse wyfies van M. javanica met jong eiersakke waarin reeds eiers afgeset was, in wortels van C. spectabilis gevind. Sover bekend, was dit nog nooit voorheen gevind dat enige Meloidogyne spesie op wortels van C. spectabilis reproduseer nie.

is waarskynlik o.m.:

1. Dat penetrasie plaasgevind het in hoogs gedifferensieerde weefsel, of waar selle dermate gevaakuliseerd was, dat daar nie voldoende voedsel vir die parasiet was nie.
2. Dat besmetting op een en dieselfde plek te hewig was. Soms dring larwes wortels binne deur een en dieselfde opening, sodat die onderlinge wedywering vir voedsel, die ontwikkeling van die parasiet nadelig beïnvloed.
3. Dat die beskadiging van die wortel so ernstig is, dat die besmette gedeeltes doodgaan. In sommige gevalle het sekondêre parasiete skynbaar ook 'n rol in die afsterwing van die wortels gespeel.

2. Anatomiese ondersoek van besmette wortels van vatbare en weerstandbiedende plantsoorte.

Die betrokke plantsoorte is as jong plante besmet met M. hapla, deur die plante nat te gooi met 'n larwesuspensie. Vyf dae later is die plante versigtig uit die grond gehaal en herplant in onbesmette grond, om verdere penetrasie van die larwes te voorkom. Twintig dae daarna, is die plante weereens uit die grond gespoel, die wortels deeglik afgewas en gefikseer in F.A.A. Te gelegenertyd is snitte van die besmette wortelgedeeltes met 'n mikrotroom gemaak en mikroskopies ondersoek.

Reuseselle. Snitte is gefikseer in kalsiumformol en gekleur met galloxyanin (Bird 1962). Reuseselvorming is algemeen waargeneem in snitte van boontjies en tamaties. Enkele reuseselle is gevind in snitte van C. spectabilis en T. erecta. By A. officinalis egter, is geen reuseselvorming waargeneem nie.

Nekrose. Wortels is gefikseer in F.A.A. en gekleur met Safranin „Fast Green" volgens Sass (1958). Nekrotiese weefsel is waargeneem in C. spectabilis en in 'n mindere mate by T. erecta, maar nie by bone, tamaties en A. officinalis nie.

3. Die invloed van bevloeding van plante op die ontwikkeling van *M. hapla*.

Dit is reeds bekend dat wanneer besmette grond vir geruime tyd bevloed word, die knopwortelaalwurmbevolking sterk gereduseer word. Om egter vas te stel wat die invloed van bevloeding op die parasiet is, nadat die larwes reeds die plantwortels gepenetreer het, is o.s. proef gedoen:

Boontjiesade is in erdepotte, 15 ons. in deursnee, in growwe gruis geplant. Twee weke later, is al die potte (12) benat met 'n larwesuspensie van *M. hapla*. Drie dae daarna is nege van die potte in 'n sinkbad met water geplaas, sodat die grond in die potte volledig met water versadig was. Onderskeidelik 1, 3 en 7 dae nadat die potte in die water geplaas was, is elke keer drie potte verwyder en gelaat om te dreineer. 21 Dae nadat die plante met die larwesuspensie benat was, is al die plante verwyder en die wortels uit elke pot afsonderlik fyn gesny en deeglik gemeng. Van elke pot is drie monsters van een gram elk ondersoek deur die parasiete te kleur met suurfuchsinlaktofenol. Die eerste 100 parasiete wat uit gedissekteer was, is volgens hulle ontwikkelingstadia geklassifiseer. Die eksperiment is uitgevoer by 'n gemiddelde temperatuur van 29.4°C.

Tabel 9. Die gemiddelde persentasie parasiete in verskillende ontwikkelingstadia, 21 dae na besmetting.

Aantal dae bevloed.	Ontwikkelingstadia.				
	Tweede stadium	Derde stadium	Vierde stadium	Volw. wyfies	Volw. mannetjies
0, Kontr.	4.2	13.3	48.4	34.1	0
1	58.3	21.0	11.2	6.1	4.3
3	73.1	12.4	8.1	7.3	0
7	85.4	4.7	4.8	4.0	2.6

K.B.V. tussen die gemiddelde persentasies parasiete in die verskillende ontwikkelingstadia, maar vir dieselfde behandeling.

P = 0.05 1.73
P = 0.01 2.48

K.B.V. tussen die gemiddelde persentasies parasiete in dieselfde ontwikkelingstadium, vir die verskillende behandelings.

P = 0.05 1.32
P = 0.01 2.06

Uit bogenoemde resultate blyk dit dus duidelik, dat betekenisvol minder larwes ontwikkel het in die wortels van plante wat bevloed was, selfs waar die plante maar vir een enkele dag bevloed was. Dit dien hier vermeld te word, dat hoewel geen van die bevloede plante dood gegaan het nie, veel wortels tog dood gegaan het, veral waar die plante vir drie en sewe dae bevloed was. Gewoonlik het larwes in hierdie wortels min of geen ontwikkeling getoon nie. Larwes wat oënskynlik normaal ontwikkel het, was gewoonlik in gesonde wortels na aan die stingelbasis geleë.

Om egter vas te stel tot welke mate hierdie onvermoë van die larwes om te ontwikkel, te wyte was aan die direkte gevolge van die bevoeding, of indirek weens die fisiologiese veranderings wat in die wortels plaasvind, is die volgende proef gedoen:

Boontjiesade is op klan filtreerpapier ontkiem en die kiemplante is in Erlenmeyerflesse (1 liter) in 'n volledige minerale voedingsoplossing geplaas. Die plante is in die bek van die fles gestut met benatbare watte. Twee weke later, toe die plante al redelike wortelstelsels ontwikkel het, is almal verwyder en op 'n sandlagie in 'n petri-bakkie geplaas. Die wortels is gevolglik met sand bedek en benat met 'n suspensie van M. hapla larwes. Twee dae nadien, is die plante uit die sand gespoel, en terug in die Erlenmeyerflesse met voedingsoplossing geplaas. Al die flesse is daagliks deurlug vir een uur. 21 Dae na die besmetting van die plante, is die wortels met saurfuchsinlaktofenol gekleur en ondersoek. Die eerste 100 parasiete wat uitgedissekteer was, is volgens hulle ontwikkelingstadia geklassifiseer.

Tabel 10. Die gemiddelde persentasie parasiete in verskillende ontwikkelingstadia, 21 dae na besmetting.

	Ontwikkelingstadium.				
	Tweede stadium	Derde stadium	Vierde stadium	Volwasse wyfies	Volwasse mannetjies
Persentasie parasiete.	11.6	30.4	19.2	29.7	9.1
K.B.V.					
P= 0.05	1.23				
P= 0.01	1.98				

Uit bogenoende resultate is dit duidelik dat veel meer larwes tot volwassenheid ontwikkel het in plante wat vanaf die begin in 'n watermedium gekweek was, as in plante wat eers in grond gekweek was en daarna in 'n watermedium verplant was. Die stopsetting van die ontwikkeling van larwes in die wortels van plante wat bevoed is, is dus waarskynlik eerder te wyte aan die invloed van die bevoeding op die plant self, as aan 'n direkte invloed op die parasiet.

4. Die invloed van wortelsappe van vatbare en weerstandbiedende plantsoorte op larwes van *M. hapla*.

In die eerste hoofstuk is bevind, dat geen van die weerstandbiedende plantsoorte wat in hierdie eksperimente gebruik word, 'n wortelafskieding met 'n nematisiede werking produseer nie. In teendeel, dit is bevind dat, met die uitsondering van *Eragrostis curvula* (E.t.), veel larwes die plantwortels penetreer. In die eerste eksperiment van hierdie hoofstuk, is egter bevind dat min, indien enige, larwes in die wortels van die weerstandbiedende plantsoorte ontwikkel. Daar is selfs bevind dat veral in die geval van *T. erecta*, veel larwes nie daarin kon slaag om die wortels volledig te penetreer nie en om die een of ander rede gedood of geïnaktiveer word. Dit laat die vraag onwillekeurig ontstaan of daar miskien verbindings met 'n nematisiede werking in die plantweefsel bestaan of ontstaan. Trouens, soos in die literatuuroorsig vermeld, is daar al verbindings met 'n nematisiede werking uit die wortels van plante soos *Tagetes* en *Asparagus* geïsoleer (Uhlenbroek en Bijloo 1958/59, Rohde 1960 ens.).

Die doel met hierdie eksperiment was dus om die reaksies van M. hapla larwes, in wortelsappe van vatbare en weerstandbiedende plantsoorte waar te neem. Die plante is in grond gekweek totdat redelike wortelstelsels ontwikkel het. Hierna is die wortels van die plante in kraanwater gewas en daarna een keer in gedistilleerde water afgespoel. Die wortelsappe is verkry, deur die wortels met 'n gelyke gewig gedistilleerde water in 'n elektriese menger fyn te sny en daarna te filtreer. Die filtraat is as volg gebruik:

4.1. Die reaksies van larwes in vars bereide wortelsappe.

Onmiddelik na bereiding van die wortelsappe, is tien ml. daarvan in elk van vyf petribakkies gepipeteer. Hierby is 1 ml. larwesuspensie van M. hapla gevoeg en die reaksies van die larwes onder 'n disseksienikrooskoop waargeneem. Die temperatuur was 27°C. Larwes is as „aktief" beskou, as hulle beweeg of 'n gekronkelde posisie bewaar en as „onaktief" as hulle halfmaanvormig gestrek en bewegingloos was.

Tabel 11. Die invloed van vars bereide wortelsappe van verskillende plantsoorte, op die aktiwiteit van M. hapla larwes.

Tyd, in ure.	Gemiddelde persentasie larwes onaktief in					Kontrole
	<u>C.spec-</u> <u>tabilis</u>	<u>T.erecta</u>	<u>A.offici-</u> <u>nalis.</u>	<u>P.vul-</u> <u>garis.</u>	<u>E.curvula</u>	
0.5	15.8	18.1	16.1	16.7	17.5	16.9
1	18.3	17.7	16.5	16.4	16.9	17.2
2	17.2	17.6	15.9	17.6	16.5	17.8
4	16.5	15.8	17.4	15.9	18.2	17.0
6	98.4	97.2	21.6	18.2	17.6	15.9
8	100.0	100.0	32.4	41.3	22.4	18.6
10	100.0	100.0	65.3	98.7	18.9	17.5
24	99.8	100.0	88.6	97.2	33.2	21.2
48	96.5	100.0	86.9	73.5	28.3	24.5
60	67.8	94.8	85.0	54.6	36.2	29.0
72	72.9	88.3	70.4	63.1	29.4	31.7
96	81.5	100.0	76.2	69.0	34.8	30.9

K.B.V. tussen die persentasies onaktiewe larwes in die wortelsappe van die verskillende plantsoorte, maar op dieselfde tydstip.

P = 0.05 3.02
P = 0.01 3.99

K.B.V. tussen die persentasies onaktiewe larwes in die wortelsappe van dieselfde plantsoort, maar op verskillende tydstippe.

P = 0.05 3.84
P = 0.01 4.65

Uit bogenoemde resultate blyk dit dus dat larwes van M. hapla na ses ure wel onaktief raak in die wortelsappe van weerstandbiedende plantsoorte, uitgesonderd E. curvula. In laasgenoemde geval was die resultate opmerklik wisselvallig. In drie van die vyf herhalings, het die larwes na ses ure geen reaksie vertoon nie, terwyl in twee herhalings reeds opmerklik veel larwes onaktief was. Ook in herhalings wat met ander wortelsappe van die plantsoort gedoen was, was die reaksies van die larwes buitengewoon wisselvallig. Dit dien hier genoem te word, dat die wortels van E. curvula moeilik fyn gemaak kon word, omdat die fyn maar relatief harde worteltjies geneig was om aan die lemme van die mengapparaat te kleef. Na agt ure was in die geval van C. spectabilis en T. erecta en na tien ure ook in die geval van A. officinalis, al die larwes volledig onaktief. Na tien ure was die larwes in die geval van P. vulgaris (vatbare plantsoort), egter ook onaktief. Aanvanklik was gedink dat die larwes dood was, maar na 24 ure het sommige van die larwes weer begin herstel, sodat na sestig ure in al die gevalle 'n betekenisvolle aantal larwes herstel het. Na 72 en 96 uur, het die larwes egter weer onaktief begin raak, maar dan ook in die kontrole. Meer larwes het egter herstel in die wortelsappe van die vatbare plantsoorte soos boon-tjies. Op hierdie stadium blyk dit dus dat daar in wortelsappe van sowel weerstandbiedende as vatbare plantsoorte, 'n verbinding(s) met nematisiede eienskappe bestaan of ontstaan, maar dat die invloed van die verbinding(s) sterker is in die wortelsappe van die weerstandbiedende as vatbare plantsoorte. Ook blyk dit dat die invloed van die verbinding na ongeveer 24 uur begin verdwyn, of dat die larwes hulle daarby aanpas. Omdat die larwes eers na 'n bepaalde aantal ure in die sappe onaktief raak, ontstaan die vraag of die nematisiede verbinding nie weens ontbindingsprosesse van die wortelsappe ontstaan nie. Hierdie vraag is as volg ondersoek.

4.2 Die reaksies van larwes in ontbindende wortelsappe.

In hierdie eksperiment is die wortelsappe vir 24 uur by 'n temperatuur van 27°C gelaat voordat larwes van M. hapla daarby gevoeg is, soos in die voorafgaande eksperiment beskryf is. Op hierdie stadium het die sappe al tekens van ontbinding getoon en kon veel mikro-organismes onder die mikroskoop waargeneem word.

Tabel 12. Die invloed van ontbindende wortelsappe van verskillende plantsoorte op larwes van M. hapla.

Tyd in ure.	Gemiddelde persentasie larwes onaktief in sappe van:					Kontrole
	<u>C.spec-</u> <u>tabilis.</u>	<u>T.erecta.</u>	<u>P.vulgaris</u>	<u>E.curvula</u>	<u>A.offici-</u> <u>nalis.</u>	
0.5	100.0	100.0	100.0	45.8	100.0	26.9
1	100.0	100.0	96.8	47.3	98.4	24.8
48	96.2	100.0	98.2	47.8	100.0	28.0
60	98.4	97.7	92.8	49.3	95.4	32.4
96	92.1	88.9	79.8	58.4	88.0	35.0

K.B.V. tussen die persentasies onaktiewe larwes in die wortelsappe van verskillende plantsoorte, maar op dieselfde tydstip.

P = 0.05 2.03

P = 0.01 2.94

K.B.V. tussen die persentasies onaktiewe larwes in die wortelsappe van dieselfde plantsoort, maar op verskillende tydstippe.

P = 0.05 2.86

P = 0.01 3.41

Dit blyk dus dat larwes van M. hapla na 'n halfuur onaktief was in al die wortelsappe, uitgesonderd dié van E. curvula, waar die resultate weereens baie wisselvallig was. Na 60 uur het 'n betekenisvolle aantal larwes weer herstel, alhoewel veel minder as in die vorige eksperiment. Hierdie resultate versterk dus die vermoede dat 'n inaktiverende verbinding in die wortelsappe ontstaan nadat die wortels fyn gemaak is en nie in die lewende plant teenwoordig is nie. Dit is egter nog eens bemerk, dat meer larwes in die wortelsappe van die vatbare plantsoorte

herstel het, as in die sappe van die weerstandbiedende plantsoorte. Hierdie inaktiverende produk ontstaan waarskynlik as gevolg van die werking van mikro-organismes en om dit vas te stel, is die volgende eksperiment gedoen:

4.3 Reaksies van larwes in ongekontameneerde wortelsappe.

Om die invloed van mikro-organismes te elimineer, is dit nodig om sowel die wortelsappe en larwes vry van kontaminasie te hou. Larwes van M. hapla is verkry deur eiersakke afkomstig van boontjiewortels vir 24 tot 36 uur in petribakkies met water by 'n temperatuur van 27°C te laat. Die larwes is gesteriliseer met 'n mengsel van cerasan (5 d.p.m.) en streptomyciene (1000 d.p.m.) (Mountain 1955). Dit is gedoen deur genoemde mengsel in dubbele sterkte te berei en dan by 5 ml. daarvan, 5 ml. larwesuspensie in 'n proefbuis te pipeteer. Die proefbuis is gevolglik vir 10 ure op 'n magnetiese roerder gelaat nadat dit met watteproppe afgesluit is. Hierna is die larwes in gesteriliseerde buise gesentrifugeer en daarna met 'n injeksienaald (nr. 3) opgesuig, in gesteriliseerde kraanwater afgespoel om dan nogeens gesentrifugeer te word. Wortelsappe is verkry deur die wortels in 'n elektriese menger met 'n gelyke gewig water fyn te sny en daarna te filtreer. Die filtraat is gevolglik deur 'n Seitz filtreerder in 'n gesteriliseerde proefbuis gesuig, sodat dit prakties vry van bakterië was. 19 ml. Wortelsap is hierna met 'n injeksienaald uit die proefbuis gesuig en in petribakkies van 5 cms. diameter gespuit. Hierby is een ml. gesteriliseerde larwesuspensie op soortgelyke wyse gespuit, waarna die bakkies met 'n glasdeksel afgedek is. Die aktiwiteit van die larwes is iedere uur onder 'n mikroskoop waargeneem sonder om die deksels van die bakkies te verwyder. Vir iedere plantsoort is 10 herhalings gedoen, asook 10 kontroles met gesteriliseerde water i.p.v. wortelsappe. Die temperatuur gedurende die eksperiment was 28.7°C. Alle glasware is vooraf vir 30 minute by 120°C geoutoklaveer terwyl die filtreerapparaat vir 2 uur by 160°C of 12 uur by 120°C in 'n oond gesteriliseer is.

Tabel 13. Die reaksies van gesteriliseerde larwes van M. hapla in bakterievrye wortelsappe van vatbare en weerstandbiedende plantsoorte.

Tyd in ure.	Gemiddelde persentasie larwes onaktief in:				
	<u>P.vulgaris</u>	<u>C.spec-tabilis</u>	<u>A.offi-cinalis</u>	<u>T.erecta</u>	Kontrole
1	12.6	11.7	14.3	10.9	12.4
2	10.4	11.5	15.8	14.6	13.5
4	13.3	11.2	13.8	15.1	11.9
6	11.7	11.8	11.9	13.0	12.3
8	14.1	14.0	15.2	11.7	14.6
10	12.4	12.0	13.0	12.9	13.3
18	13.9	19.6	14.1	36.3	12.2
24	14.1	29.2	14.0	51.3	13.6

K.B.V. tussen die gemiddelde persentasie larwes onaktief op dieselfde tydstop, in die wortelsappe van verskillende plantsoorte.

P = 0.05 5.12
P = 0.01 5.99

K.B.V. tussen die gemiddelde persentasies larwes onaktief op verskillende tydstoppe, maar by dieselfde plantsoort.

P = 0.05 4.43
P = 0.01 5.09

Uit bogenoemde gegewens blyk dit dus dat onder steriele toestande die wortelsappe van sowel vatbare as weerstandbiedende plantsoorte, gedurende 'n tydperk van 10 uur, geen betekenisvolle invloed op M. hapla larwes gehad het nie. Na 18 en 24 uur was betekenisvol meer larwes onaktief in sappe van C. spectabilis (19.6% en 29.2% onderskeidelik), en veral in T. erecta (36.3% en 51.3% onderskeidelik). Dit is dus hoogs waarskynlik, dat bepaalde verbindings in veral T. erecta en C. spectabilis wortels kan ontstaan, wat 'n nematostatische werking het.

4.4 Die patogeniteit van *M. hapla* larwes in ontbindende wortelsappe.

Soos in 4.2 bevind, herstel sommige larwes in ontbindende wortelsappe van verskillende plantsoorte, weer na 'n bepaalde tyd. Die vraag ontstaan of sulke larwes nog die vermoë besit om op plante te parasiteer. Om dit vas te stel, is larwes wat vir 96 uur in ontbindende wortelsappe van 'n bepaalde plantsoort gelaat was, en wat die tiepiese onaktiewe houding ingeneem het en daarna weer herstel het, uit die wortelsappe opgepik en in vars water afgespoel. Daarna is 50 larwes afkomstig uit dieselfde wortelsappe, in elk van vyf plastiekpote gevul met sand, waarin 'n tamatiesaailing groei, geplaas. Na drie weke is die aantal knoppe op die wortels van die plante getel. As kontrole is larwes vir 96 uur in kraanwater gelaat, voordat dit op tamatiesaailinge geïokuleer is.

Tabel 14. Die gemiddelde aantal knoppe per wortelstelsel, veroorsaak deur *M. hapla* besmetting. Resultate getransformeer deur V_n .

	Larwes afkomstig uit wortelsappe van:				Kontrole.
	<i>P.vulgaris</i>	<i>C.spec- tabilis</i>	<i>A.offici- nalis</i>	<i>T.erecta</i>	
Aantal knoppe per wortelstelsel.	4.2	4.0	4.7	4.9	6.1
K.B.V.					
P = 0.05	0.69				
P = 0.01	1.01				

Dit blyk dus dat larwes wat in ontbindende wortelsappe onaktief geraak het en daarna weer herstel het, oor die algemeen nie meer dieselfde vermoë besit om op 'n gasheerplant te parasiteer nie.

4.5 Die waterstofioonkonsentrasie in die wortelsappe van vatbare en weerstandbiedende plantsoorte.

Die pH van die wortelsappe van die betrokke vatbare en weerstandbiedende plantsoorte is met 'n Beckman pH-meter gemeet direk nadat die sappe uit die wortels gepers is.

Tabel 15. Die waterstofioonkonsentrasie van die wortelsappe van verskillende plantsoorte.

Plantsoort.	pH.
Vatbare plante:	
<u>L. esculentum</u>	6.4
<u>P. vulgaris</u>	6.8
<u>L. sativa</u>	6.4
Weerstandbiedende plante:	
<u>E. curvula</u> (E.t.)	6.5
<u>A. officinalis</u>	6.3
<u>T. erecta</u>	6.4
<u>C. spectabilis</u>	6.7

Uit bogenoemde gegewens blyk dit dus dat daar geen groot verskille in die pH van die wortelsappe van genoemde vatbare en weerstandbiedende plantsoorte bestaan nie. Met hierdie eksperiment kon egter nie vasgestel word of daar verskille bestaan tussen die pH's van die verskillende weefsels nie.

5. Die toleransieverskynsel by tamaties en salade.

Dit is dikwels al opgemerk dat tamatieplante en ook salade ten spyte van 'n swaar besmetting van knopwortelaaalwurms oënskynlik tog goed groei en 'n goeie oesopbrengs lewer. Die doel met hierdie eksperiment was dus om hierdie toleransieverskynsel by genoemde plantsoorte ondersoek.

5.1. Die invloed van M. hapla besmetting op die groei van tamaties en salade.

Genoemde plantsoorte is in klam sand ontkiem terwyl dit gereeld met 'n volledige voedingsoplossing benat is. Onderskeidelik 1, 4 en 8 weke na ontkieming is die plante uitgeplant in grond wat swaar besmet was met M. hapla. Die eksperiment is in 5 herhalings gedoen. Die lengte van die plantstingels is weekliks gemeet en aan die einde van die eksperiment is ook die nat en droë gewig van die bogrondse plantdele bepaal. Twaalf weke na ontkieming van die plante is al die plante verwyder, en die gewigte asook die besmettingsgraad bepaal.

Die eksperiment is uitgevoerby 'n gemiddelde temperatuur van 19.8°C.

Na twaalf weke is bevind dat al die plante, uitgesonderd die kontroleplante, swaar besmet was met knopwortelaalwurms.

Tabel 16. Die invloed van M. hapla besmetting op die gemiddelde groei van tamaties en salade, as die plante op verskillende stadia na ontkieming besmet word.

Gemiddelde gewens per plant.	Weke na ontkieming besmet:							
	Tamaties.				Salade.			
	1	4	8	Kontr.	1	4	8	Kontr.
Nat gewig in gm.	^x -	873.4	1473.8	1268.2	^x -	208.3	489.4	531.9
Droë gewig in gm.	^x -	127.2	244.1	208.6	^x -	34.2	76.3	88.6
Lengte van stingels in cms.								
Weke na ontk.:								
2	4.3	4.9	5.3	5.1	-	-	-	-
4	6.7	14.1	12.3	13.6	-	-	-	-
8	^x -	30.8	48.1	44.7	-	-	-	-
12	^x -	52.8	93.7	91.3	-	-	-	-

^xPlante reeds almal dood na 8 en 12 weke.

Uit bogenoemde gegewens blyk dit duidelik dat wanneer tamatie- en saladeplante op 'n baie jong stadium besmet raak, die plante selfs heeltemal doodgaan. Plante wat op die ouderdom van 4 weke besmet was, het ook nog betekenisvol swakker gegroei as gesonde plante. Plante wat op die ouderdom van 8 weke besmet was het ten spyte van die swaar besmetting net so goed (by tamaties selfs effens beter) gegroei as gesonde plante. Indien in ag geneem word dat daar na 12 weke weinig wortels was wat nie weens die besmetting misvormd was nie, is die oënskynlike gesonde groei van die plantemerkwaaardig. Dat die besmetting wel deeglik skade aan die plante berokken; is egter nie alleen by mikroskopiese ondersoek van die wortels duidelik nie, maar dit is ook bemerk dat die besmette plante by selfs geringe droogtetoestande, verwelk.

Die vraag ontstaan of genoemde plantsoorte groter wortelstelsels besit as wat vir oënskynlike gesonde groei nodig is. Hierdie moontlikheid is in die volgende eksperiment ondersoek.

5.2. Die invloed van wortelsnoei op die groei van tamaties.

Houers van verskillende groottes is van ogiesdraad gemaak waarvan die openinge 1 cm. diameter was. Drie verskillende grootte houers is gebruik, nl.

1. $9 \text{ cm.} \times 9 \text{ cm.} \times 16 \text{ cm.} = 1296 \text{ cm.}^3$
2. $6 \text{ cm.} \times 6 \text{ cm.} \times 16 \text{ cm.} = 576 \text{ cm.}^3$
3. $6 \text{ cm.} \times 6 \text{ cm.} \times 8 \text{ cm.} = 288 \text{ cm.}^3$

Hierdie houers is in eternietbakke, $20 \times 20 \times 20 \text{ cm.}^3$ geplaas en sowel die houers as bakke is met grond gevul. In elk van die draadhouders is 1 tamatiekiemplantjie geplant. Iedere week is die draadhouders met plant en al versigtig uit die omringende grond getig en alle wortels wat deur die openinge in die draadwande van die houers gegroei het, gesnoei. As kontrole is tamatieplante in eternietbakke geplant, sonder om die wortels te snoei. Weekliks is die lengte van die stingels van alle plante gemeet en aan die einde van die eksperiment, dus 3 maande nadat die tamatieplantjies uitgeplant is, is die nat sowel as droë gewig van die plante bepaal (ondergrondse en bogrondse plantdele afsonderlik). Die eksperiment is in 'n glashuis by 'n gemiddelde daaglikse temperatuur van $\pm 24^\circ\text{C}$ uitgevoer in 4 herhalings.



Fig. 11. Die invloed van wortelsnoei op die groei van tamaties.

Voordat die plante verwyder is om geweeg te word, is die grond gelaat om uit te droog totdat die plante tekens van verwelking begin toon. Plante met toelaatbare wortelruimtes van 288 c.c. en 576 c.c. het ongeveer gelyktydig begin verwelk en wel geruime tyd voordat die normale plante en plante met toelaatbare ruimtes van 1296 c.c., tekens van verwelking getoon het. Veral die loof van die plante met toelaatbare wortelruimtes van 288 c.c., het na 3 maande 'n geelgroen voorkoms gehad en die plante het as geheel nie die indruk van 'n gesonde groei gelaat nie.

Tabel 17. Die invloed van wortelsnoei op die lengtegroei van tamatieplante.

Weke na planting.	Gemiddelde lengte van stingels, in cms., in houers met volume.			
	288 c.c.	576 c.c.	1296 c.c.	Kontrole.
2	12.4	13.5	12.0	11.7
4	15.8	18.1	16.4	17.4
6	34.2	32.7	36.2	34.8
8	54.9	56.8	59.0	58.2
10	67.4	78.4	80.2	77.9
12	71.5	94.6	90.3	92.1

Daar was geen betekenisvolle verskille in die lengtegroei van die stingels van plante in die verskillende behandelings na 8 weke nie. Na 10 en 12 weke was daar egter 'n betekenisvol verminderde lengtegroei by die plante in draadhouders van 288 c.c.

Tabel 18. Die invloed van wortelsnoei op die gewig van die verskillende plantdele na drie maande.

Plantdeel.	Gemiddelde gewig per plant (in gm.) in die volgende behandelings.			
	288 c.c.	576 c.c.	1296 c.c.	Kontrole
Stingels en blare:				
nat gewig	118.6	164.7	172.8	160.4
droë gewig	5.1	9.0	8.9	8.7
Wortels:				
nat gewig	9.9	14.3	22.3	24.2
droë gewig	0.7	1.2	2.3	3.2

Daar was dus geen betekenisvolle verskille in sowel die nat gewig as droë gewig van die tamatieplante (bogrondse plantdele) in draadhouders van 576 c.c., 1296 c.c. en die kontrole nie. Die gewigte van plante wat in die houders met 'n volume van 288 c.c. gegroei het, was egter betekenisvol kleiner. Die wortelgewigte van plante wat gesnoei was, was soos verwag, betekenis vol kleiner as normaal. Dit is dus duidelik dat tamatieplante onder gunstige toestande, veral wat vogtigheid betref, oënskynlik normaal groei met wortelstelsels wat aansienlik kleiner is as normaal. By ongunstige toestande egter, soos tydens uitdroging, tree verwelking veel gouer op by die plante met verkleinde wortelstelsels (288 c.c. sowel as 576 c.c.). Spytig genoeg is die vogpersentasies van die grond op die tydstip van verwelking nie bepaal nie. Dit is jammer dat die vrugopbrengs van die plante met normale wortelgroei, nie vergelyk kon word met die vrugopbrengs van die plante met verkleinde wortelstelsels nie.

C. Bespreking.

In eksperiment 1 is gevind dat larwes van M. hapla, wortels van sowel die vatbare as weerstandbiedende plantsoorte gepenetreer het. In geen van die weerstandbiedende plantsoorte egter, kon die larwes tot volwassenheid ontwikkel nie. Deur anatomiese ondersoek kon egter in heel beperkte gevalle reuseselvorming by C. spectabilis en T. erecta genoteer word. Dit is in teenstelling met die bevinding van Christie (1949) dat reuseselvorming nie plaasvind in Tagetes wortels nie. Reuseselvorming, aldus Rohde (1960), is oor die algemeen noodsaaklik vir die ontwikkeling van die parasiet. Bogenoemde resultate lewer egter die bewys, dat reuseselvorming nie 'n waarborg is vir die normale ontwikkeling van die parasiet nie. Nekrosevorming is eweneens by T. erecta en C. spectabilis waargeneem, maar nie by die ander weerstandbiedende plantsoorte soos A. officinalis nie. Ook Barrons (1939) het nekrosevorming by C. spectabilis gevind.

Die vermoede dat verbindings in bepaalde plantsoorte se wortels bestaan of kan ontstaan, wat 'n inaktiverende of selfs nematisiede invloed op die parasiet kan hê, word verskerp deur o.s. waarneminge:

1. Die onvermoë van larwes om in wortels van C. spectabilis en T. erecta normaal te ontwikkel, selfs waar reuseselvorming waargeneem is.
2. Die opmerklike aantal larwes wat nie daarin kon slaag om T. erecta wortels volledig te penetreer nie.
3. Die plotselinge vertraging of algehele stopsetting van die ontwikkeling van larwes in wortels wat selfs maar vir 24 uur bevloed was.

In eksperiment 3 is inderdaad bevestig, dat larwes gouer onaktief raak in die wortelsappe van C. spectabilis en T. erecta, as in wortelsappe van goeie gasheerplante soos boontjies of tamaties. Hierdie inaktivering van die larwes, was waarskynlik te wyte aan ontbindingsprosesse. Dit is egter moeilik te bepaal of die inaktivering ontstaan deur afbraakprodukte van die wortels, of wel deur afskeidings van mikro-organismes soos deur Smith en Batista beweer word. Wanneer die invloed van bakterië en ander mikro-organismes uitgeskakel word, is bevind dat in wortelsappe van T. erecta en C. spectabilis verbindings ontstaan, waarskynlik onder invloed van ensimatiese afskeidings van die larwes,

wat 'n verlamme of dodende invloed op die larwes het. Hierdie verskynsel is nie by A. officinalis of die goeie gasheerplante soos boon-tjies en tamaties gevind nie. 'n Interessante verskynsel is dat geïnaktiveerde larwes weer gedeeltelik gerstel in ontbindende wortelsappe. Dit kan moontlik as volg verklaar word:

1. Die inaktiverende faktor verloor sy inaktiverende vermoë na 'n bepaalde tyd.
2. Die larwes pas hulself aan, sodat die invloed van die inaktiverende faktor na 'n bepaalde tyd afneem. Uit die resultate van eksperiment 4 blyk dit egter dat sulke larwes wat herstel het, tot 'n betekenisvolle mate hulle patogene eienskappe verloor het.

Dit kan op hierdie stadium aanvaar word, dat die onvermoë van M. hapla larwes om in genoemde weerstandbiedende plantsoorte te ontwikkel, nie noodwendig aan dieselfde faktore te wyte is nie. Sulke depressiewe faktore kan onder meer die volgende insluit:

1. Wortels reageer geheel en al nie, of nie volledig nie, op die afskeidings van die larwes om reuseselle te vorm. Dit is waarskynlik die geval by E. curvule (E.t.) en A. officinalis. Selwanddikte en die persentasies ligniene in die selwande, speel waarskynlik ook 'n belangrike rol in die weerstandbiedendheid van hierdie plantsoorte.
2. Nekrosevorming. Die larwes word van die voedselbron geïsoleer, deurdat die plantselle, veral om die kop van die larwes, doodgaan. Hierdie verskynsels is onder meer opgemerk by C. spectabilis en T. erecta.
3. Die ontstaan van inaktiverende of dodende verbindings. Hierdie verbindings ontstaan waarskynlik in beskadigde selle in die aanwezigheid van bakterië en/of onder invloed van ensiematiese afskeidings van die larwes. In sommige plantsoorte soos T. erecta en C. spectabilis, ontstaan sulke verbindings waarskynlik gouer, of in sterker konsentrasies as by ander plantsoorte, wat o.m. 'n verklaring kan bied vir die onvermoë van vele larwes om Tagetes wortels volledig te penetreer.

Die vraag ontstaan waarom hierdie inhiberende faktore wat as gevolg van afbraakprosesse deur mikro-organismes ontstaan, nie die ontwikkeling van die parasiet in die wortels van vatbare plantsoorte beïnvloed nie.

Dit mag natuurlik wees dat hierdie faktore wel ontstaan, maar in swakker konsentrasies sodat veel minder larwes daardeur beïnvloed word. Shepherd (1959) het immers vasgestel dat veel larwes van Heterodera ook in vatbare plantsoorte se wortels doodgaan en dit mag ook die geval met Meloidogyne spp. wees. In eksperiment 1 is juis gevind dat veel larwes ook in die wortels van vatbare plantsoorte, nie ontwikkel het nie. Dit mag ook wees dat hierdie inhiberende faktore slegs onder invloed van bepaalde mikro-organismes en onder invloed van bepaalde omstandighede ontstaan.

Die pH van die wortelsappe van vatbare en weerstandbiedende plantsoorte, verskil nie betekenisvol nie, sodat aanvaar kan word, dat die pH in die verband geen belangrike rol speel nie. Wanneer Meloidogyne spp. in plantwortels normaal ontwikkel, is reuseselvorming oor die algemeen noodsaaklik. Dit moet noodwendig die plantweefsel beskadig, omdat die differensiasie van wortelweefsel in wortelputte daardeur verhinder of minstens benadeel word, wat weer die vervoer van water en voedsel in die vaatweefsel belemmer. Sommige plantsoorte soos tamaties en salade, kan egter betreklik sware besmettings weerstaan sonder om oënskynlik benadeel te word. Hierdie verskynsel staan bekend as „toleransie“. In eksperiment 4.1 is egter bevind dat sowel tamaties as salade, wanneer vanaf ontkieming in besmette grond gekweek, wel deeglik beskadig word en in sommige gevalle selfs doodgaan. In eksperiment 5.2 is egter bevind dat tamaties in 'n voldoende vogtige omgewing, met veel minder as die normale wortelstelsel, nogtans oënskynlik goed groei. By die teel van tamaties en salade, word die plantjies in saadbeddings, wat gemaklik vry van Meloidogyne besmetting gehou kan word, ontkiem en eers uitgeplant op 'n stadium dat die plante al redelik sterk is. Indien besmetting dan optree, het die plante al 'n goeie voorsprong. Boonop word genoemde plantsoorte lokaal onder glas gekweek, waar sowel die grond as atmosfeer voldoende vogtig is. Daar moet dus duidelik onderskei word tussen werklike toleransie en pseudotoleransie soos in vele kultuurbedrywe gevind word.

H O O F S T U K I V .

DIE PRAKTIESE NUT VAN DIE WERSTANDBIEDENDHEID VAN

PLANTE, BY DIE BESTRYDING VAN MELOIDOGYNE SPP.

A. Literatuuroorsig.

Christie (1959) skryf dat die chemiese beneer van nematodes, veral met twee probleme te kampe het nl.:

1. 'n Gebrek aan 'n ideale nematisiede.
2. Die aanwending van bestaande nematisiedes.

Albei, maar veral laasgenoemde probleem, skiet nog in vele opsigte te kort. Taylor (1960) skryf dat die relatiewe hoë onkoste verbonde aan chemiese beheer, altyd 'n beperkende faktor in die aanwending van nematisiedes sal wees. Afgesien van hoe goedkoop 'n nematisied ookal mag wees, sal dit altyd vir bepaalde plantsoorte of persone te duur wees. Omdat die bestaande nematisiedes in die grond toegedien moet word (as fumigant) en direk met die parasiet in aanraking moet kom (kontakmiddels), is dit prakties onmoontlik om selfs by optimale toestande, 'n dodingspersentasie van 100% te verkry. Omdat knopwortelaalwurms so snel kan vermeerder, beteken dit dus dat in vele gevalle iedere jaar, of minstens tweede jaar, 'n grondfumigasie toegedien moet word.

Met spesifieke verwysing na die verbouing van aartappels, tree probleme na vore wat verskil met die van die meeste ander teelte. By die meeste plantsoorte kan 'n ligte besmetting optree sonder dat die groei en vrugopbrengs daardeur merkbaar nadelig beïnvloed word. Volgens Taylor (1960), word uitstekende resultate verkry vanuit 'n ekonomiese oogpunt beskou, as knopwortelaalwurms met 90% tot 95% beheer word in plaas van 100%. Plante groei in laasgenoemde geval nie beter as in eersgenoemde gevalle nie, ten spyte van die verhoogde onkoste daaraan verbonde om 'n absolute beheer te verkry. By aartappels egter, kan selfs 'n baie ligte besmetting van groot ekonomiese belang wees. Weens die vratagtige knoppe wat die parasiet op knolle veroorsaak, word die markwaarde van die aar-

tappels geweldig verlaag ten spyte van 'n andersins normale opbrengs in gewig. Aangesien aartappels dikwels vir lang periodes bewaar word voor- dat dit bemark word, kan 'n oes wat tydens die uithaal daarvan baie lig besmet was, reeds medium of selfs swaar besmet wees op die tydstip van bemarking, omdat die parasiet intussen in die knolle vermenigvuldig. Indien die hoë koste verbonde aan chemiese beheer in ag geneem word, is dit dus van wesenlike belang om ook ander maniere van aalwurmbesmetting te bestudeer.

Fisiese metodes, soos die verwarming van grond, hetsy met stoom of elektrisiteit, is nie alleen duur nie maar met spesifieke verwysing na die verbouing van aartappels, wat op groot oppervlaktes en in die buiteland geskied, onprakties.

'n Derde moontlike metode van beheer en bestryding, is deur gebruik te maak van wisselboustelsels of weerstandbiedende plantsoorte. Koen (1961) vind dat Eragrostis curvula (E.t.), die grondbevolking van Meloidogyne spp. sterk verlaag. Minton et al. (1960) skryf dat die grondbevolking van M. incognita acrita stadig toeneem wanneer weerstandbiedende katoenvariëteite soos seleksies van Gossypium barbadense en 'n seleksie van Gossypium hirsutum op besmette grond verbou word. Die bevolkingstoename is egter vinniger by vatbare variëteite soos Empire en Rowden. Op 'n bepaalde tydstip, was daar egter geen betekenisvolle verskil in die bevolkingsaantal in gronde waar vatbare en weerstandbiedende katoenvariëteite verbou was nie. Wat knopwortelaalwurms betref, is daar tans afdoende feite beskikbaar om die bestaan van biologiese rasse te staaf. Riggs (1959) vind dat weerstandbiedende tamatievariëteite resistensiebrekende individue uit 'n Meloidogyne bevolking selekteer en dat die nageslag van hierdie individue die inherente genetiese vermoë besit om in die weerstandbiedende tamaties voort te plant, selfs al word hulle op ander vatbare plantsoorte geteel. Met ander woorde, hierdie resistensiebrekende eienskap is geneties stabiel. Nogtans kan individue wat in 'n bepaalde weerstandbiedende plantsoort reproduseer, nie noodwendig in 'n ander weerstandbiedende plantsoort reproduseer nie. Dit illustreer volgens Riggs die gespesialiseerde aard van eienskappe, in sowel die parasiet as gasheerplant, wat weerstandbiedendheid beheer. Verskeie ander navorsers bewys ook die bestaan van biologiese rasse (fisiologiese rasse, patogene biotipes), waaronder: Martin (1953/54/58), Hollis (1958), Dropkin (1959), Riggs (1959), Van der Linde (1956), Gillard (1961), Sasser en Nusbaum (1955) e.a. Allen (1952) skryf dat die voorafgaande

gewasverbouing, 'n selektiewe invloed op M. incognita acrita bevolkings het.

Hoe bepaalde individue uit dieselfde bevolking op 'n nuwe gasheerplant kan vermenigvuldig en ander nie, kan waarskynlik as volg verklaar word:

1. Aanpassing van die parasiet na 'n aantal generasies, waar die ver rygde eienskappe oorerflik word. Van Slogteren (1931) beweert dat aangesien resistensiebrekende biotiepes genotipes verskil van nie-resistensiebrekende biotiepes, suiwer lyne van sowel die plant as parasiet gekweek kan word, om vas te stel of aanpassings voorkom al dan nie.
2. Enkele individue uit 'n heterogene bevolking, besit die genetiese eienskap om 'n gasheerplant aan te val, weens die ontstaan van mutasies - 'n massaseleksie dan by Meloidogyne spp. (Allen 1952, Giles 1958, Riggs 1959) of kruising, soos by Heterodera spp., waar volgens Van den Ouden (1960) partenogenese selde indien ooit plaasvind.

Solank die parasiet op 'n algemeen erkende plantsoort parasiteer, bly die resistensiebrekende eienskap in 'n latente toestand in bepaalde individue voortbestaan. Die hoër persentasie resistensiebrekende individue in bepaalde bevolkings wat op vatbare plantsoorte parasiteer, kan te wyte wees aan resistente onkruid wat daartussen groei.

Wanneer 'n weerstandbiedende plantsoort op besette grond verbou word, sal die aalwurmbevolking eers sterk verminder omdat die nie-resistensiebrekende biotiepes verdwyn (Annon 1955, Dorst 1957). As resistensiebrekende biotiepes ontbreek, mag die bevolking selfs uitsterf (Howard 1959). Dropkin (1955) skryf dat geïsoleerde bevolkings van dieselfde spesie, 'n eie orde van genefrekwensie sal hê. Dit beteken dat weerstandbiedende plantsoorte uitsluitend vir bepaalde geografiese gebiede geteel sal moet word. Hy skryf verder dat die onstabieliteit in erkende gasheerreeks van bepaalde parasitêre nematodes, ook te wyte is aan die onstabiele taksonomie van die betrokke nematodes.

B. Eie Onderzoek.

1. Vergelykende invloed van weerstandbiedende en nie-geskikte gasheer-
plante, op 'n bevolking van Meloidogyne spp.

Hierdie eksperiment is uitgevoer op die Rietrivier Landbounavor-
singstasie te Suid-Afrika, gedurende die tydperk 1956 - 1963.

As gevolg van die wye gasheerreekse van Meloidogyne spp., is dit
besonder moeilik om geskikte plantsoorte te vind om in wisselboustelsels
te gebruik. Hierdie probleem word verder bemoeilik, omdat alle weerstand-
biedende plantsoorte, nie in alle klimaatstreke verbou kan word nie.
Dit is ook nie in alle tuin- of landboupraktyke moontlik om plantsoorte
wat geen kontantoes lewer, in wisselboustelsels te gebruik nie.

Alhoewel die Meloidogyne bevolkings van die Rietriviergebied hoof-
saaklik uit M. javanica bestaan, word M. hapla en M. incognita ook in
mindere mate daar gevind. Aangesien verskillende spesies nie noodwen-
dig dieselfde gasheerreekse besit nie, bemoeilik so 'n heterogene bevol-
king die keuse van geskikte plantsoorte nog meer. 'n Verdere probleem
om mee rekening te hou by die gebruik van wisselboustelsels om knopwor-
telaalwurms te beheer, is die optrede van resistensiebrekende biotiepes.
Die doel met hierdie eksperiment was dus onder meer om:

1. Geskikte plantsoorte te vind wat in wisselboustelsels in die
Rietriviergebied gebruik kan word.
2. Die invloed van weerstandbiedende plantsoorte op bevolkings van
Meloidogyne spp. te bepaal.
3. Vas te stel hoe snel resistensiebrekende biotiepes tot 'n kri-
tiese aantal vermeerder.
4. Die invloed van monokultuurverbouing op die opbrengs van die
plantsoorte in die teenwoordigheid van knopwortelaalwurms vas
te stel.

Die plante wat in die ondersoek gebruik was, was vooraf in klei-
potte in besmette grond geplant, om vas te stel tot welke mate hulle deur
die verskillende spesies besmet word.

1. Eragrostis curvula (Ermelo tiepe). Slegs enkele larwes van al
die spesies dring die wortels binne, maar geen ontwikkeling
vind plaas nie.

2. Solanum tuberosum var. Up-to-Date (Aartappels). Baie larwes dring die wortels sowel as knolle binne en ontwikkel normaal.
3. Gossypium hirsutum, var. Bancroft, seleksie C.A.7. (Katoen). Alhoewel redelik veel larwes die wortels penetreer, het seer weinig larwes van M. javanica en M. incognita ontwikkel en gereproduseer. Veel mannetjies is egter gevind.
4. Ricinus communis (Kasterolie). Slegs enkele larwes van M. javanica en M. incognita ontwikkel.
5. Arachis hypogaeavar. Natal Common (Grondboontjies). Slegs larwes van M. hapla en enkele larwes van M. incognita ontwikkel en reproduseer.

Ongeveer drie hektare grond, swaar besmet met knopwortelaalwurms, is in 120 persele verdeel wat elk 6 x 20 vk. meter groot was (fig. 13). Die persele was van Oos na Wes in 4 rye van 30 persele elk gerangskik, wat 4 herhalings van die proef verteenwoordig. Iedere ry van 30 persele is weer in 6 afdelings van 5 persele elk verdeel en op elk van hierdie 5 persele is 1 van bogenoemde plantsoorte, aangewys deur loting, verbou. Dieselfde plantsoort is iedere jaar op dieselfde perseel verbou. Iedere jaar is al die plante van een afdeling verwyder, en is aartappels op al die persele geplant, om enersyds die besmettingsgraad van die aartappels en andersyds die gewigopbrengs daarvan te bereken. Dit beteken dus dat katoen byvoorbeeld in afdeling 1 vir een jaar verbou was voordat aartappels geplant was en in afdeling 6 vir ses jaar voordat aartappels geplant was.

Noukeurige data is geneem van die opbrengs van die verskillende plantsoorte. Al die persele het jaarliks 'n kunsmistoeding ontvang van:

Superfosfaat: 700 kg. per hektaar.

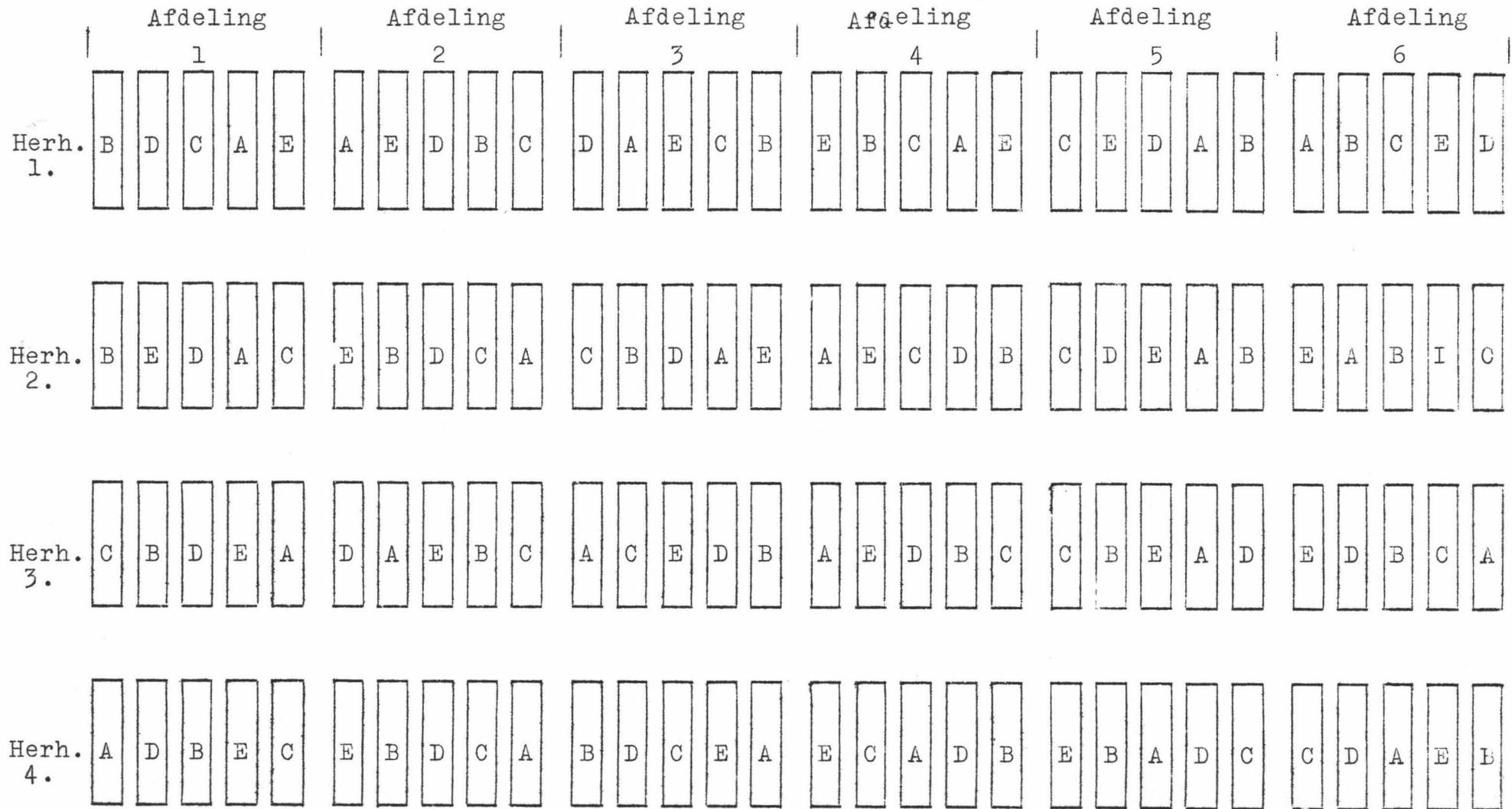
Ammoniumsulfaat: 400 kg. per hektaar.

Die persele is besproei wanneer nodig en noukeurig vry van onkruid gehou.

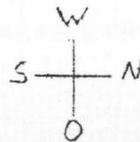


Fig. 12. Aartappelknol besmet met knopwortelaalwurms.

Fig. 13. Plan van proef, om die invloed van monokultuurverbouing, op grond wat met knopwortel-aalwurms besmet is, vas te stel.



A = Eragrostis curvula (E.t.)
 B = Aartappels.
 C = Katoen.



D = Kasterolie.
 E = Grondbone.



Fig. 14. Foto van proefpersele.

Tabel 19. Die gemiddelde persentasie aalwurmvrige aartappels (volgens gewig), verbou op aanvanklik swaar besnette grond, waar verskillende plantsoorte vir verskillende jare verbou was.

Plantsoort verbou voordat aartappels geplant is.	Tydsduur van verbouing van verskillende plante					
	1 jaar 1958	2 jaar 1959	3 jaar 1960	4 jaar 1961	5 jaar 1962	6 jaar 1963
<u>E; curvula</u> (E.t.)	18.8	91.3	94.1	99.6	98.7	97.1
Katoen	37.6	80.9	85.8	86.7	86.2	95.3
Kasterolie	0	0	0	1.4	0	2.2
Grondbone	12.2	16.9	0	0	0	5.8
Aartappels (Kontr.)	0	0	0	0	0	0

K.B.V. tussen die gemiddelde persentasie aalwurmvrige aartappels verbou op grond waar dieselfde plantsoort vir verskillende jare verbou was.

P = 0.05 7.12
P = 0.01 8.83

Fig. 15. Die gemiddelde opbrengs van aartappels, (besmet sowel as onbesmet) in sak (75 kg.) per hektaar, op aanvanklik swaar besette grond, waar verskillende plantsoorte vir verskillende jare verbou was.

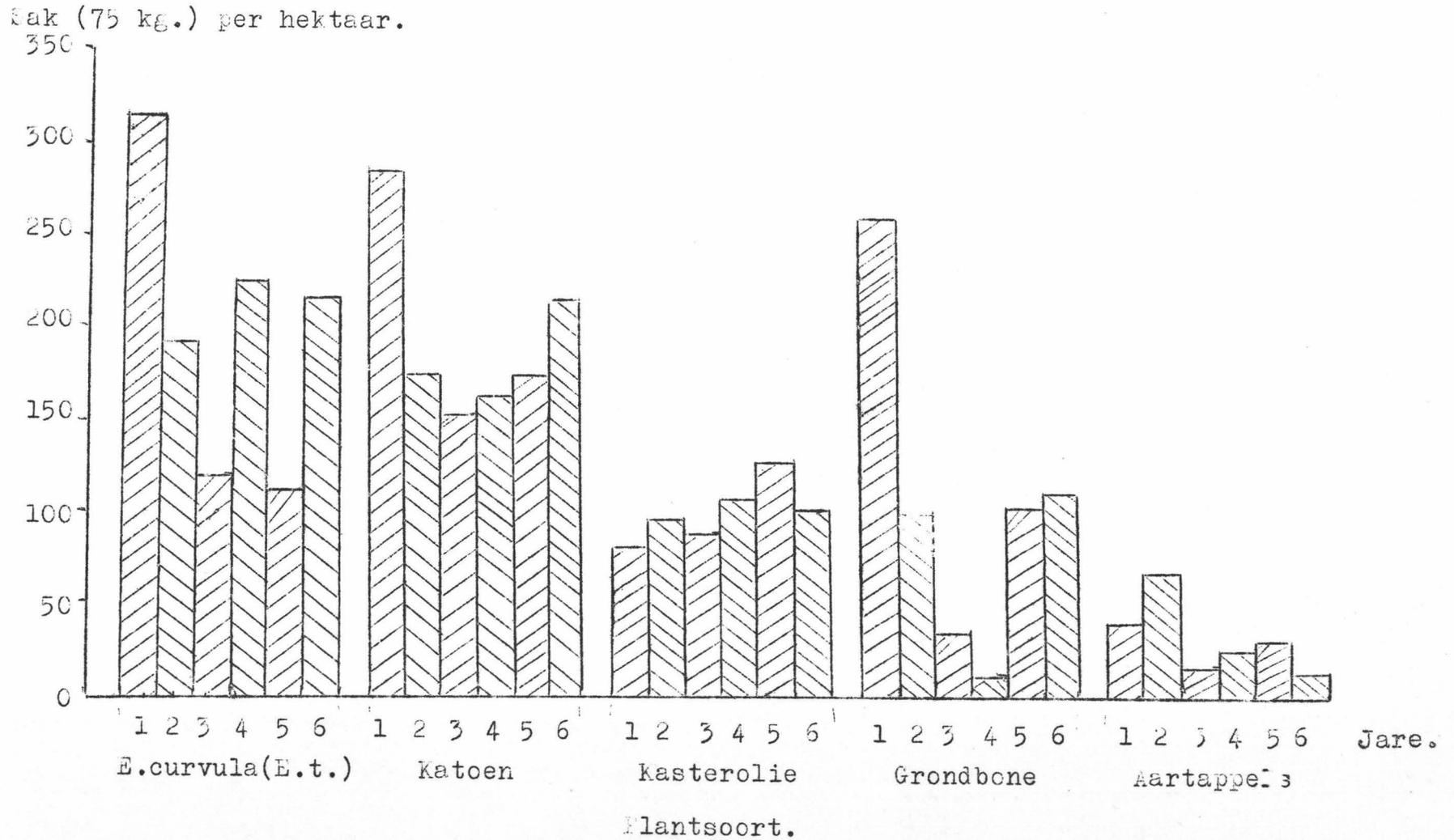
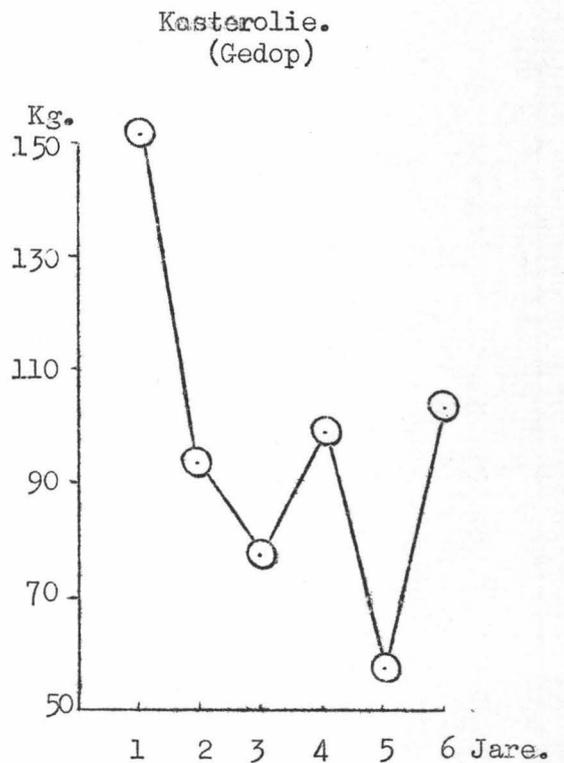
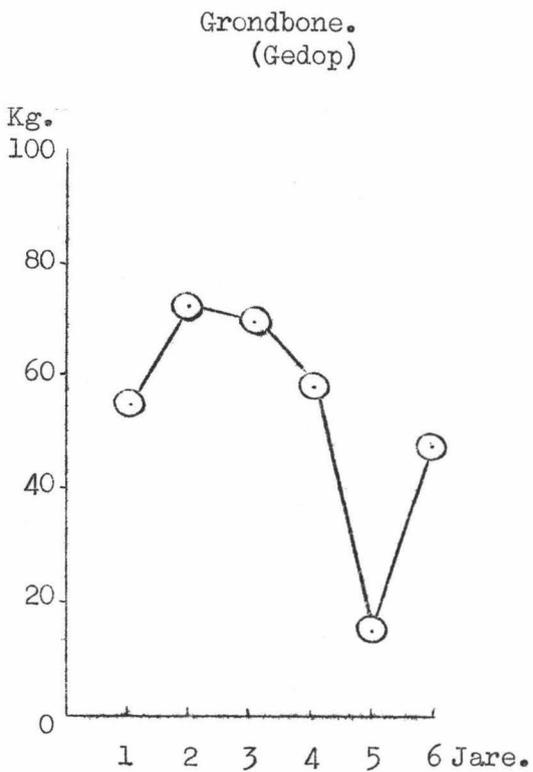
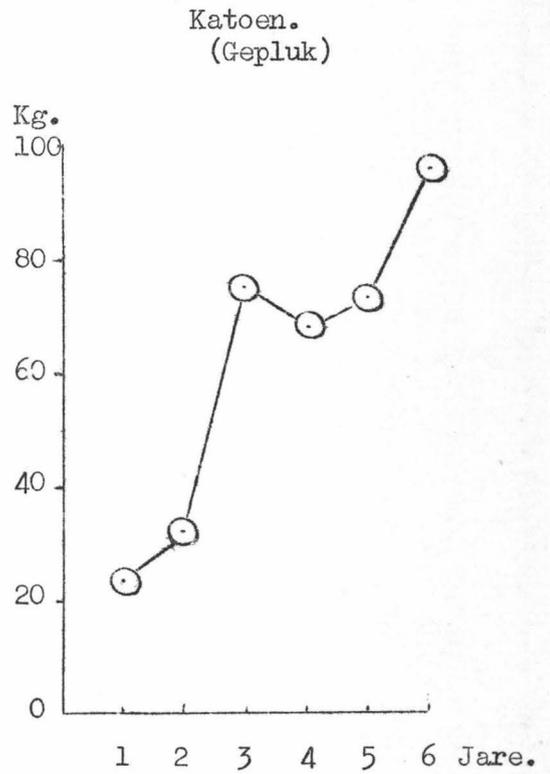
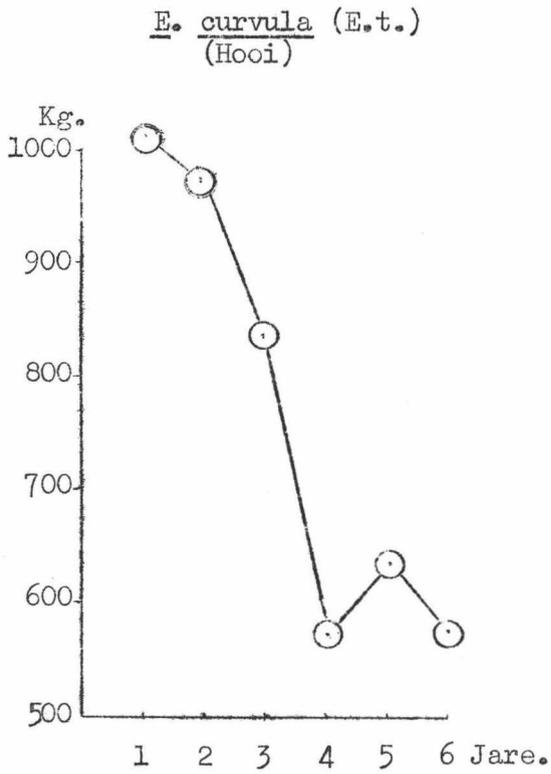
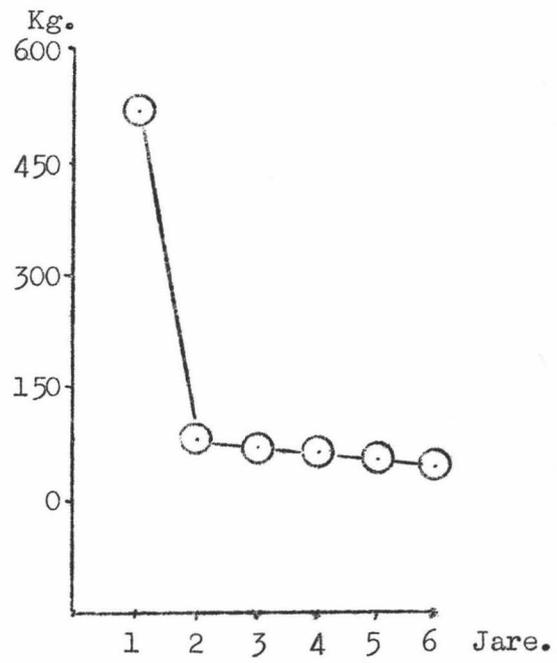


Fig. 16. Die gemiddelde opbrengs per perseel (in kg.) van die verskillende plantsoorte, om die invloed van monokultuurverbouing op grond besmet met knopwortelaalwurms, te illustreer.



Aartappels.



K.B.V. tussen die gemiddelde persentasie aalwurmvrige aartappels, verbou op grond waar verskillende plantsoorte gedurende dieselfde jaar verbou was.

P = 0.05 4.96
P = 0.01 6.02

Tabel 20. Die gemiddelde opbrengs van die verskillende plantsoorte per perseel (in kg.), om die invloed van monokultuur-verbouing op besette grond op die opbrengs van die plante te illustreer.

Plantsoort	Gemiddelde opbrengs in kg., na verskillende jare					
	1 jaar 1957	2 jaar 1958	3 jaar 1959	4 jaar 1960	5 jaar 1961	6 jaar 1962
<u>E. curvula</u> (hooi)	1003.6	970.9	835.8	575.3	646.5	573.1
Katoen (gepluk)	23.5	32.2	77.3	69.7	73.8	98.3
Grondbone (gedop)	56.8	73.9	72.8	57.0	15.5	48.0
Kasterolie (gedop)	150.3	93.0	76.7	99.7	56.5	105.5
Aartappels	517.3	88.2	70.8	60.3	58.3	32.5

Tabel 21. Gemiddelde samestelling van nematodebevolking in 100 c.c. grond, afkomstig uit persele waarop, vir die voorafgaande 6 jaar, dieselfde plantsoort verbou is.

Nematode genera.	Plantsoort.				
	<u>E. curvula</u>	Katoen	Kasterolie	Grondbone	Aartappels
<u>Meloidogyne</u> spp.	2.1	70.3	291.2	365.0	765.3
<u>Dorylainus</u> spp.	55.4	70.0	35.4	85.1	145.4
<u>Pratylenchus</u> spp.	0.0	10.0	0	11.2	20.9
<u>Xiphinema</u> spp.	4.1	3.7	2.8	6.7	1.7
Ander stekeldraers	11.2	14.4	21.6	28.4	54.6
Saprofage nematodes	24.2	85.9	158.4	134.5	198.2
Totaal	97.0	254.3	509.4	630.9	1186.1

Nadat dieselfde plantsoort vir 6 jaar agtereenvolgens op dieselfde grond verbou was, is verteenwoordigende grondmonsters uit elk van die persele geneem is tamaties daarin geplant. Na 2 maande is die wortels met 0.1% katoenbloulaktofenol gekleur. Twintig wyfies is voor die voet uit die wortels gedissekteer en ondersoek. Wyfies wat onidentifiseerbaar was, is buite rekening gelaat en 'n volgende wyfie is in die plek daarvan ondersoek.

Tabel 22. Verhouding van Meloidogyne spp. onderling in grond waarop dieselfde plantsoort vir 6 jaar agtereenvolgens verbou was.

<u>Meloidogyne</u> spp.	<u>E. curvula</u>	Katoen	Grondbone	Kasterolie	Aartappels
<u>M. javanica</u>	0	70	12	69	61
<u>M. hapla</u>	0	7	81	14	24
<u>M. incognita</u>	0	23	7	17	15

K.B.V. tussen die verskillende Meloidogyne spp. in grond waar dieselfde plantsoort verbou was.

P = 0.05 2.31

P = 0.01 2.98

K.B.V. tussen dieselfde Meloidogyne spesie in grond waar verskillende plantsoorte verbou was.

P = 0.05 1.75

p = 0.01 2.14

Eragrostis curvula (E.t.) lewer 'n uitstekende beheer van knopwortelaalwurms, mits dit vir minstens 2 jaar agtereenvolgens verbou word (Tabel 19). Indien die persentasie aalwurmvrye aartappels wat op sulke grond gekweek word as maatstaf geneem word, is na 4 jaar selfs 99.6% aalwurmvrye aartappels verkry, wat goed vergelyk met enige chemiese behandeling van grond. Die feit dat daar na ses jaar nog 'n baie ligte besmetting aanwesig was, moet toegeskryf word aan of enkele onkruid of besmetting wat deur water, wind of implemente in die persele gebring is. Nêrens is enige aanduiding gekry dat die parasiet op die graswortels reproduseer nie. Ook katoen het na 2 jaar 'n relatief goeie oes gelewer

en na 6 jaar is selfs nog 95.3% aalwurmvrye aartappels op die persele gekweek. Aangesien katoen lig vatbaar is, is dit merkwaardig dat die aalwurmbevolking na 6 jaar nog nie weer tot 'n kritiese konsentrasie kon vermeerder nie, wat in teenstelling met die bevindings van Minton is. Dit is dus waarskynlik dat die eienskap van die enkele individue om op katoen te reproduseer, nie geneties stabiel is nie. Die individue te same kan dus nie as 'n afsonderlike „biologiese ras" beskou word nie. Aangesien aldrie spesies na ses jaar nog in die persele gevind is (tabel 22), is dit waarskynlik dat aldrie spesies in die katoen gereproduseer het, wat ooreenstem met gegewens uit die literatuur (Goodey en Franklin 1958). Nietemin is slegs gemiddeld 70.3 larwes per 100 ml. grond gevind, terwyl Oostenbrink (1958) gevind het dat 200 larwes per 100 ml. grond, 'n 'n gevaarlike konsentrasie vir aartappelverbouing is. Alhoewel kasterolie aanvanklik slegs baie lig vatbaar was, en grondbone slegs vatbaar was vir M. hapla, het die nematodebevolking so snel op die wortels vermeerder, dat na drie jaar geen aalwurmvrye aartappels meer verbou kon word nie. Alhoewel aldrie spesies op die wortels van beide plantsoorte geparasiteer het (tabel 22), het die M. hapla bevolking veral snel toegeneem sodat M. hapla na 6 jaar op hierdie persele in die meerderheid was. By al die ander plantsoorte was M. javanica in die meerderheid.

Alhoewel E. curvula 'n beter beheer van knopwortelaalwurms gelewer het as katoen, is die totale gewig aartappels sowel as die gewig onbesmette aartappels wat op die katoenpersele gekweek was, nie betekenisvol minder as dié wat op die graspersele gekweek was nie. Dit kan te wyte wees aan die besondere digte wortelstelsels wat E. curvula ontwikkel.

Interessant is ook die feit dat die opbrengs van katoen die eerste 2 jaar swak was, wat daarop dui dat alhoewel die plant slegs lig vatbaar is, dit tog nadelig beïnvloed word deur die parasiet. Na 2 jaar styg die opbrengs van die katoen egter snel (fig. 16).

Dit is opmerklik dat Dorylaimus spp. na 6 jaar in al die persele in besonder groot getalle teenwoordig was (tabel 21). In die geval van Eragrostis curvula (E.t.) was daar oor die algemeen veel minder nematodes per 100 c.c. grond as in die ander gevalle, terwyl die nematodebevolking in die persele waar aartappels verbou was, die grootste was.

2. Enkele vierjarige wisselboustelsels om knopwortelaalwurms te beheer.

Die keuse van plantsoorte om in wisselboustelsels te gebruik waar die grond besmet is met knopwortelaalwurms, is besonder beperk as gevolg van die wye gasheerreekse wat die parasiet besit. Bruikbare weerstandbiedende plantsoorte word verder beperk deur klimaatsfaktore. Verskeie weerstandbiedende plantsoorte lewer geen kontant-oes nie en kan dus uit 'n ekonomiese oogpunt beskou, nie altyd aanbeveel word nie. Die plantsoorte wat in hierdie proef gebruik was, was uitsluitend gekies op grond van hulle weerstandbiedendheid teen knopwortelaalwurms, sonder om ander faktore in ag te neem. Aartappels is as die hoofvrug beskou en is terselfdertyd as indikatorgewas gebruik om die besmettingsgraad van die grond vas te stel, nadat die verskillende wisselboustelsels daarop toegepas was.

Die wisselboustelsels het oor 'n tydperk van vier jaar gestrek en is uitgevoer op sanderige leemgrond te Rietrivier, Suid-Afrika. Vir elke wisselboustelsel was daar ses herhalings wat elk op 'n perseel van 7 meter x 14 meter uitgevoer is. Die persele was in 'n Latynse vierkant gerangskik en is deur loting aangewys. Die grond het iedere jaar 'n kunsmis-toediening ontvang van Superfosfaat (700 kg. per hektaar) en Ammoniumsulfaat (400 kg. per hektaar). Besproeiing is toegepas wanneer nodig en die persele is vry van onkruid gehou. Die volgende plantsoorte is gebruik:

Solanum tuberosum (Aartappels) var. Up-to-Date.

Eragrostis curvula (Oulandsgras) Ermelo tiepe.

Crotalaria spectabilis (Sunnhenep).

Arachis hypogaea (Grondbone) var. Virginia bunch.

Gossypium hirsutum (Katoen) var. Bancroft, seleksie C.A.7.

Die Meloidogyne bevolking het hoofsaaklik uit M. javanica bestaan, vandaar dat grondbone, wat vatbaar vir M. hapla is, gebruik kan word.

Die volgende wisselboukombinasies is toegepas:

Tabel 23. Wisselboukombinaties van 4 jaar on knopwortel-
aalwurms te beheer.

Wisselbou kombinatie	Jare			
	1 jaar.	2 jaar.	3 jaar.	4 jaar.
A. (Kontr.)	Aartappels	Aartappels	Aartappels	Aartappels
B.	<u>E. curvula</u>	<u>E. curvula</u>	<u>E. curvula</u>	Aartappels
C.	<u>E. curvula</u>	Sunnhennep	Grondbone	Aartappels
D.	Katoen	Grondbone	Sunnhennep	Aartappels
E.	Grondbone	Sunnhennep	Katoen	Aartappels
F.	Sunnhennep	Grondbone	Grondbone	Aartappels

Fig. 17. Die gemiddelde persentasie aalwurm-vrye aartappels, aan die einde van verskillende vierjarige wisselboustelsels.

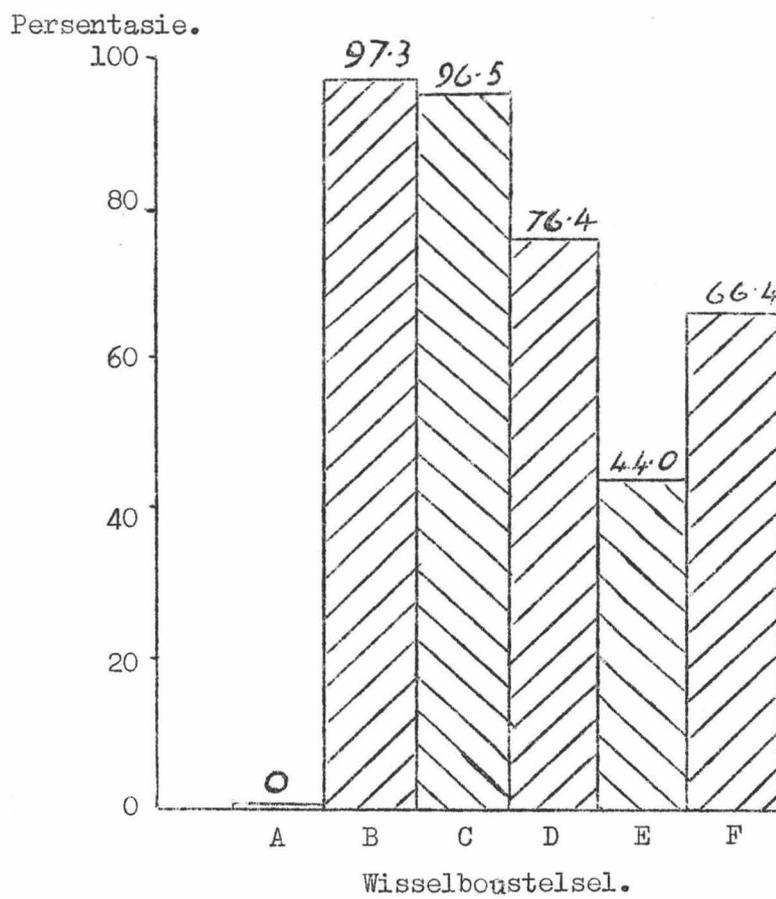
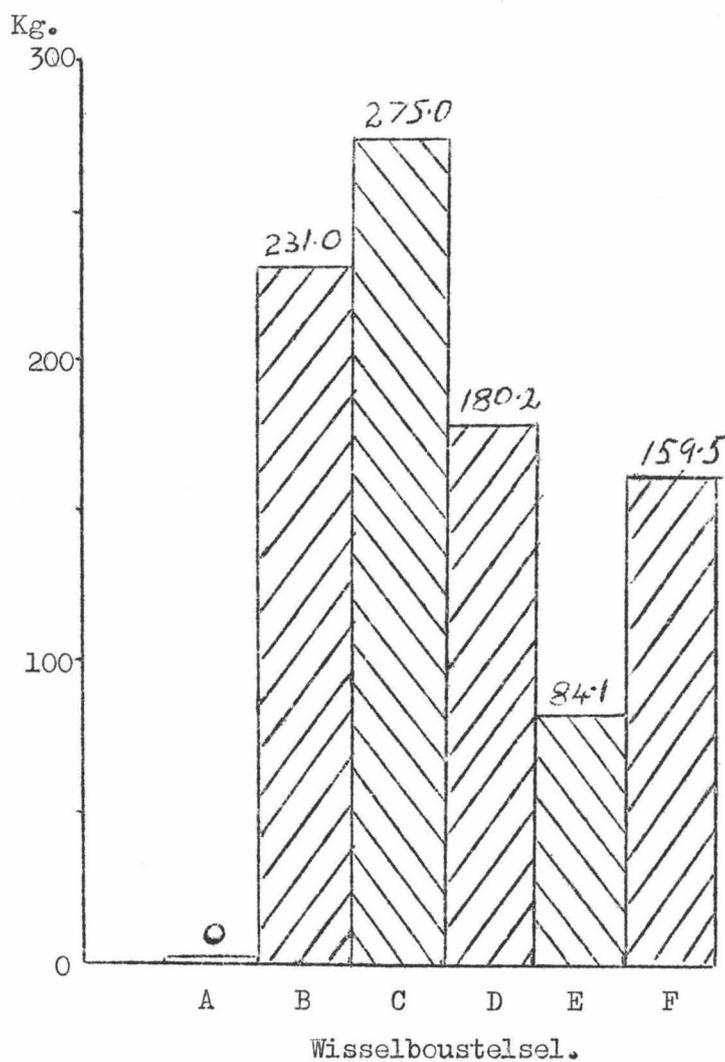


Fig. 18. Gemiddelde gewig aalwormvrye aartappels, in kg. per perseel, aan die einde van verskillende vierjarige wisselboustelsels.



Uit voorgenoemde resultate blyk dit dus dat kombinasie B en C uitstekende beheer van knopwortelaalwurms gelewer het (onderskeidelik 97.3% en 96.5% aalwurmvrye aartappels). Wat die gemiddelde opbrengs in gewig van aalwurmvrye aartappels betref, was kombinasie C egter betekenisvol voordeliger as kombinasie B (fig. 17). Alhoewel dieselfde plantsoorte in kombinasies D en E gebruik was, was die persentasie aalwurmvrye aartappels in eersgenoemde geval veel groter as in laasgenoemde geval. Die volgorde waarin plante in wisselboustelsels gebruik word, speel dus 'n belangrike rol. Kombinasies D, E en F was, vanuit 'n ekonomiese oogpunt beskou, nie baie suksesvol nie.

3. Die kombinerings van wisselbou met grondfumigasie om knopwortelaalwurms te beheer.

Uit die voorgaande eksperimente het dit geblyk dat die beste beheer van knopwortelaalwurms verkry word met plantsoorte wat geen kontantoes lewer nie, soos bv. E. curvula en C. spectabilis. Dit is egter nie vir alle boere moontlik om sulke wisselboustelsels toe te pas nie. Die vraag ontstaan gevolglik of dit nie moontlik sal wees om wisselboustelsels met grondfumigasie te kombineer, deur uitsluitend gebruik te maak van plantsoorte wat, ten spyte daarvan dat hulle lig vatbaar vir die parasiet is, tog 'n kontantoes lewer.

Die volgende plantsoorte is in hierdie eksperiment gebruik:

Arachis hypogaea (grondbone), var. Natal Common.

Gossypium hirsutum (katoen), var. Bancroft, seleksie C.A.7.

Grondbone word hoofsaaklik slegs deur M. hapla aangetas, terwyl katoen, hoewel lig vatbaar, tog 'n goeie beheer van knopwortelaalwurms gee (sien eksperiment 1). Die wisselboustelsel het 4 jaar geduur, en gedurende hierdie tydperk is slegs een keer 'n grondfumigasie gedurende die winter toegepas. Om vas te stel op welke stadium in die rotasieselsel die fumigasie die beste resultate lewer, is dit in die verskillende behandelings op verskillende tydstippe toegepas. Aartappels is weereens as die hoofvrug beskou en die sukses van die wisselboustelsel is afgelei van die persentasie onbesmette aartappels wat uiteindelik

verkry is. Grondfunigasie is toegedien met 'n apparaat wat op 'n ploeg gemonteer word en volgens swaartekrag funksioneer. E.D.B. 2.25 (bevat 24.37% Etileendibromied per gewig), is op 'n diepte van ongeveer 25 cms. toegedien teen 'n dosis van 6c.c. per vierkante voet (d.i. ongeveer 540 liter per hektaar). Die temperatuur tydens die funigasie op 'n diepte van 25 cms., het gewissel van 11 - 14°C en die grondvog was gemiddeld 7.58%.

Die eksperiment is uitgevoer op sanderige leengrond te Rietrivier, Suid-Afrika, wat swaar besmet was met knopwortelaalwurms (hoofsaaklik M. javanica, hoewel M. incognita en M. hapla ook in geringe getalle aanwezig was). Die perseelgrote was 7 x 100 meter en is van mekaar geskei deur breë stroke van 2 meter, beplant met E. curvula, wat nie alleen kontaminasie van aalwurms tussen die persele beperk het nie, maar ook uitstekende diens as windbreke gelewer het. Die persele het jaarliks 'n kunsmistoediening ontvang van:

Superfosfaat, 700 kg. per hektaar.

Ammoniumsulfaat, 400 kg. per hektaar.

Die persele is besproei wanneer nodig en is sorgvuldig vry van onkruid gehou. Plantafstande was:

Grondbone: 1 m. x 1m., in rye.

Katoen: 1m. x 30cms., in rye.

Aartappels: 1m. x 30cms., in rye.

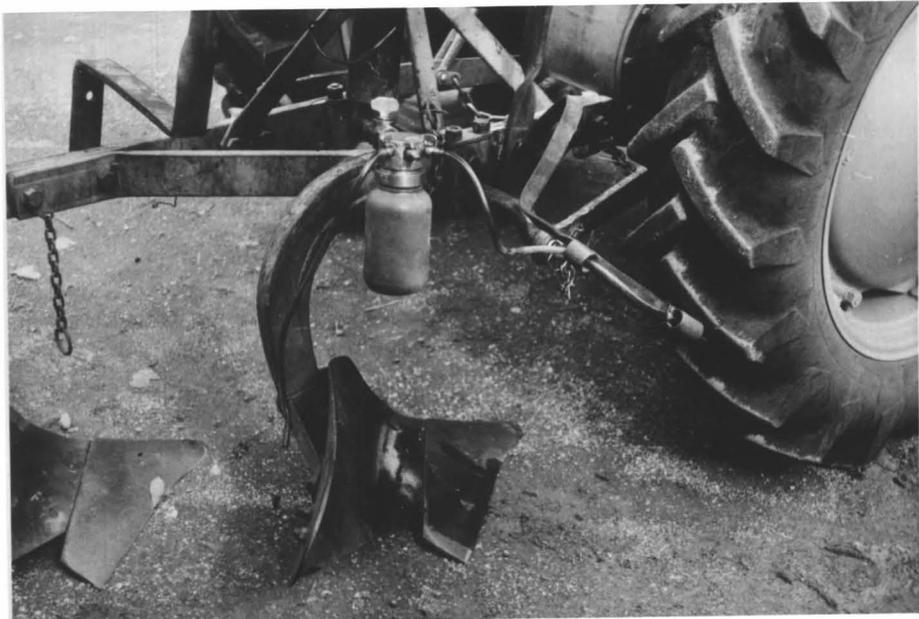


Fig. 19. Funigasieapparaat, gemonteer op 'n ploeg.

Tabel 24. Volgorde van plantsoorte en tydstip van fumigasie in die fumigasie-wisselbouproef.

Plantdatum	Behandeling nr.				Kontrole 5
	1	2	3	4	
Oktober 1959	<u>Fumigasie</u> <u>Julie 1959</u> Grondbone	Grondbone	Grondbone	Grondbone	Grondbone
Oktober 1960	Grondbone	<u>Fumigasie</u> <u>Julie 1960</u> Grondbone	Grondbone	Grondbone	Grondbone
Oktober 1961	Katoen	Katoen	<u>Fumigasie</u> <u>Julie 1961</u> Katoen	Katoen	Katoen
September 1962	Aartappels	Aartappels	Aartappels	<u>Fumigasie</u> <u>Julie 1962</u> Aartappels	Aartappels

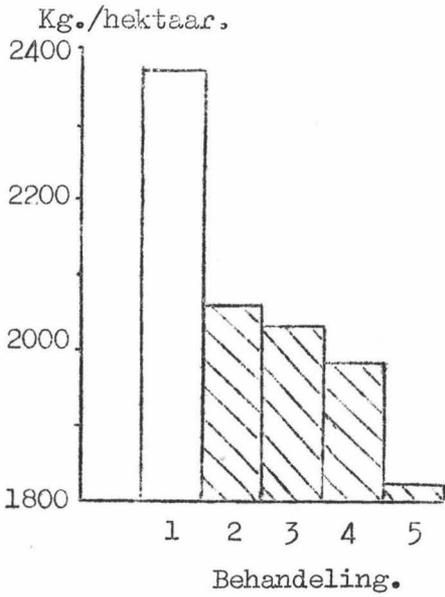
Tabel 25. Oesopbrengs van die verskillende plantsoorte, in kg. per hektaar.

Datum	Plantsoort	Behandeling				Kontr. 5
		1	2	3	4	
1959/60	Grondbone (gedop)	2380.2	2060.4	2032.7	1973.4	1821.3
1960/61	Grondbone (gedop)	1743.9	1762.4	1552.8	1472.6	1452.6
1961/62	Katoen	1046.5	1447.3	1702.5	1432.6	622.5
1962/63	Aartappels (onbesmet)	14827.5	14872.5	16111.0	16945.8	10005.0

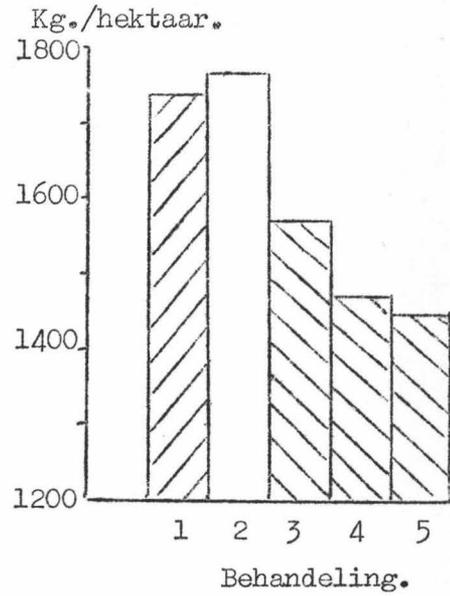
Fig. 20. Oesopbrengs van die verskillende plantsoorte, in kg. per hektaar.

-  Data verkry op grond wat voorheen reeds behandel was.
-  Data verkry direk na behandeling.
-  Data verkry op onbehandelde grond.

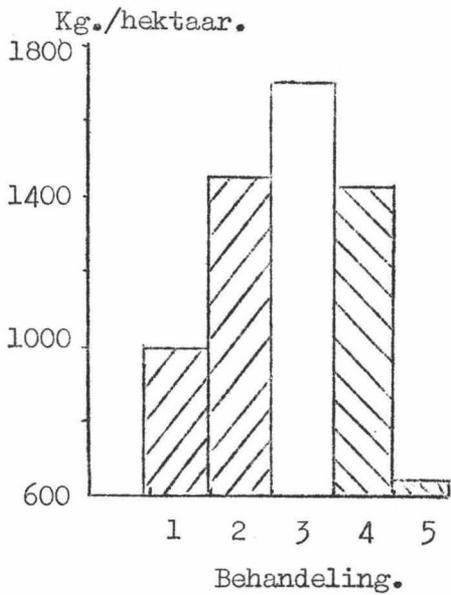
1. Grondbone, 1959/60.



2. Grondbone, 1960/61.



3. Katoen, 1961/62.



4. Aartappels, 1962/63.

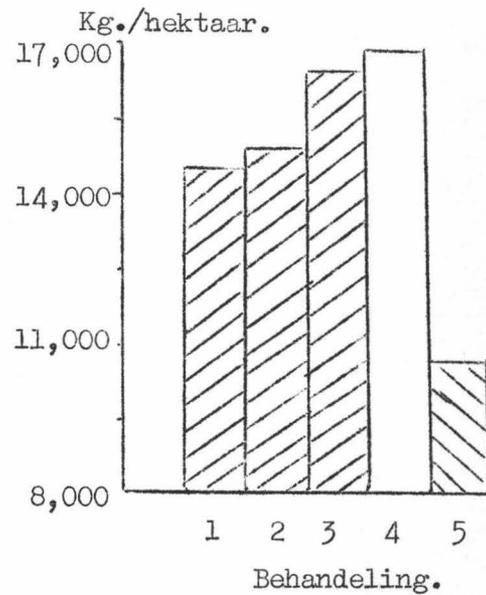
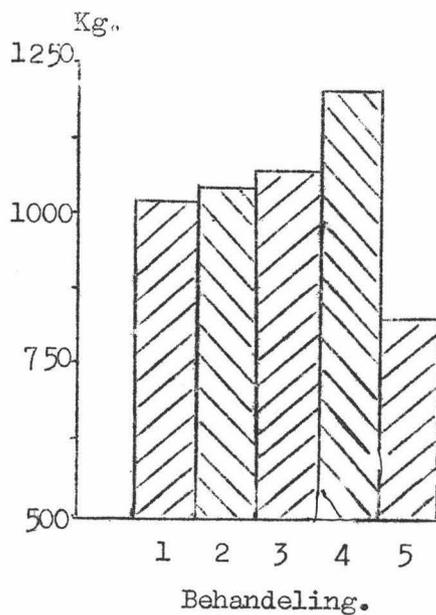
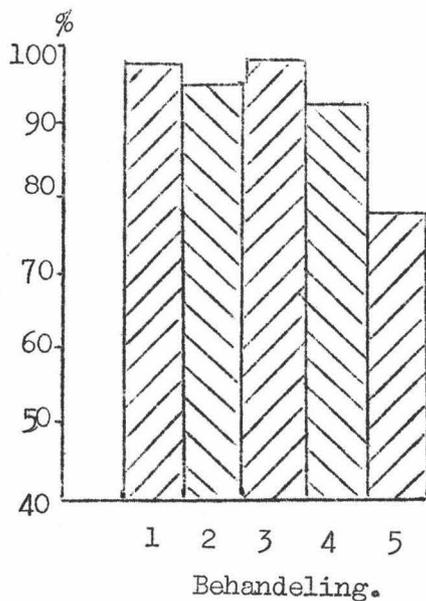
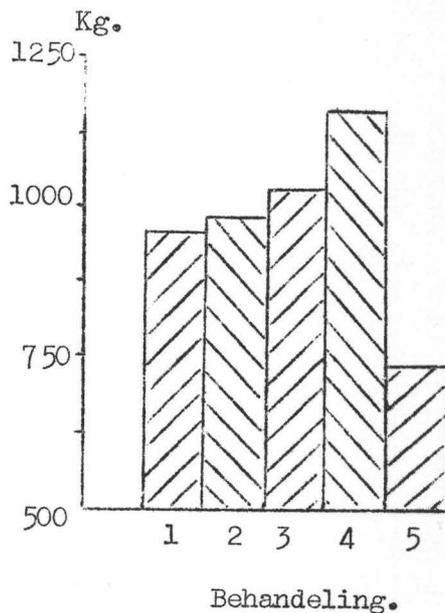


Fig. 20. ^{2/} Gemiddelde oesdata van besmette en onbesmette aartappels, verbou op grond waar dieselfde wisselbou-stelsel vir vier jaar gebruik is, maar fumigasie in iedere behandeling, op 'n ander tydstep uitgevoer is.

Totale gewig aartappels.



Gewig onbesmette aartappels.



Persentasie onbesmette aartappels.

Die heersende pryse vir die betrokke plantsoorte in 1963 was as volg:

Grondbone : 5600 B.F. per 1000 kg., gedop.

Katoen : 9.8 B.F. per kg.

Aartappels¹ : 3.7 B.F. per kg.

Die onkoste verbonde aan funigasie met E.D.B. 2.25 teen 6 c.c. per vierkante voet, bedra ongeveer 9500 B.F. per hektaar.

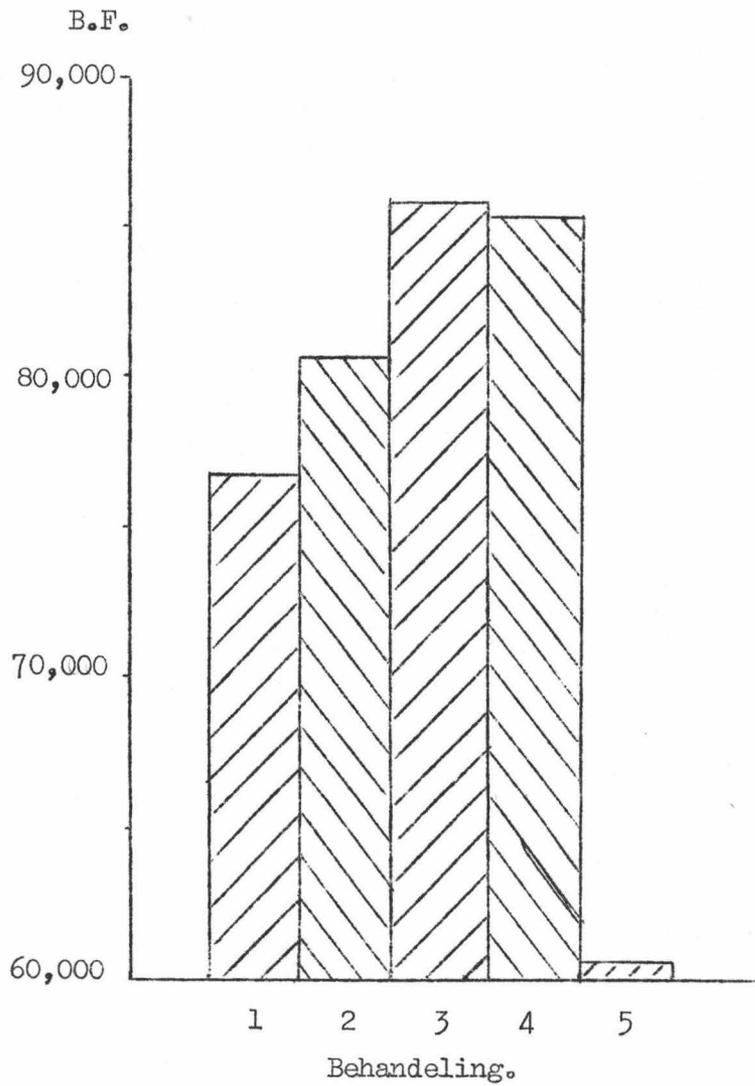
Tabel 26. Gemiddelde netto- en bruto wins (in B.F.) per hektaar.

Plantsoort	Behandeling.				
	1	2	3	4	5 Kontrolle
Grondbone	13,329.4	11,538.2	11,383.1	11,053.4	10,199.6
Grondbone i)	9,764.2	9,868.4	8,696.2	8,247.3	8,135.8
Katoen	10,255.7	14,163.5	16,684.5	14,199.5	6,100.5
Aartappels	54,861.7	55,028.2	59,607.0	62,699.4	37,018.5
Totaal Bruto wins	88,211.0	90,599.3	96,370.8	96,199.6	61,454.4
Funigasie	9,500.0	9,500.0	9,500.0	9,500.0	9,500.0
Totaal ii) Netto wins	78,711.0	81,099.3	86,870.8	86,699.6	61,454.4

i) Die grondbone-oes vir 1960/61, was oor die algemeen swak in die Rietriviergebied, weens ongestadige klimaatsfaktore.

ii) Hierdie syfers sluit nie die oorspronklike koste verbonde aan saad, kunsmis, arbeid ens. in nie. Die oesopbrengs was ook laer in al die gevalle as die gemiddelde in die Rietrivierstreek. Die syfers het dus slegs 'n vergelykende waarde.

Fig. 22. Netto opbrengs, in B.F. per hektaar, oor 'n tydperk van vier jaar.



Die volgende gevolgtrekkings kan uit die resultate van bogenoemde eksperiment gemaak word:

1. Sowel die grondbone, katoen en aartappels het hoër oesopbrengste gelewer in gefunigeerde grond, as in grond wat nie behandel was nie (fig. 20). Dit is veral interessant dat juis grondbone 'n hoër oesopbrengs lewer nadat die grond behandel was, aangesien grondbone nie vatbaar vir M. javanica is nie. Dit is dus wel moontlik dat ander Meloidogyne spp. behalwe M. hapla, of selfs vrylewende nematodes, die grondbone beskadig het. Ook Thorne (Christie 1959) beweer dat veel nematodes wat tot dusver nie as plantparasiete erken word nie, tog op baie plante parasiteer en dit beskadig. Uit fig. 20 nr. 2, blyk dit dat die oorblywende bevolking na die eerste grondbone oes (in behandeling 1), prakties konstant gebly het, sodat daar in 1960/61 geen betekenisvolle verskil was in die grondbone opbrengs van behandelings 1 en 2 nie. Die besondere hoë katoenopbrengs in behandeling 4 (fig. 20, 3), kan nie verklaar word nie, tensy aanvaar word dat die fumigasie ook ander onbekende parasiete (nematodes of andersins) vernietig het of dat die fumigant 'n stimulerende invloed op die groei van die plante gehad het (Christie 1959). Jammer genoeg is die bevolkingsdigtheid van die aalwurms op hierdie persele nie tydens die groei van die katoen gekontroleer nie. Die onbesmette aartappeloos was, soos in die geval van katoen en grondbone, die hoogste direk na fumigasie (fig. 20, 4). Die feit dat die aartappeloos kleiner was in veral behandelings 1 en 2, mag te wyte wees aan 1 of meer van o.s. faktore:

- a) Dat die Meloidogyne bevolkings na die grondbehandelings weer toegeneem het.
- b) Dat nuwe besmettings in die persele gekom het.
- c) Ander parasitêre nematodesoorte toegeneem het.

2. Hoewel die persentasie onbesmette aartappels in behandelings 1, 2, 3 en 4 nie betekenisvol verskil nie, is daar tog 'n betekenisvolle verskil in gewig onbesmette aartappels tussen behandelings 1 en 4 (fig. 21). Die aartappeloos wat direk na 'n grondbehandeling verkry was, was betekenisvol groter as in die ander gevalle (fig. 20, 4).
3. Uit fig. 22 (tabel 26) blyk dit dat daar geen betekenisvolle verskil in die netto opbrengs oor 'n tydperk van 4 jaar in behandelings 3 en 4 was nie. Omdat aartappels in hierdie geval egter die hoofvrug is, is dit wenslik om juis voordat die aar-

tappels geplant word, te fumigeer. Die totale netto opbrangs na vier jaar, was in alle gevalle meer waar fumigasie toegepas was, as waar geen fumigasie toegepas was nie. Dit is dus ongetwyfeld lonend om fumigasie met wisselboustelsels te kombineer. Nietemin was die persentasie onbesmette aartappels in die kontrole, nl. 73.6% (fig. 21), onder die omstandighede ook redelik goed. Dit illustreer nogeens die nut van grondbone en katoen in die beheer van knopwortelaalwurms.

4. Vergelykende weerstandbiedendheid van 'n aantal aartappelhybriede vir M. hapla.

Daar is reeds vroeër in hierdie hoofstuk melding gemaak van die hoë onkoste verbonde aan chemiese beheer van knopwortelaalwurms en die probleme in verband met kulturele beheer (rotasiestelsels). 'n Aartappelsoort wat weerstandbiedend teen knopwortelaalwurms is, sou inderdaad 'n oplossing gebied het, maar sover ons kennis strek, bestaan so 'n bruikbare aartappelsoort nie. Wel is daar aartappelhybriede bekend, wat weerstandbiedend teen Heterodera rostochiensis is. Die vraag ontstaan dus, en dit was dan ook die doel met hierdie proef, of daar enige korrelasie bestaan in die weerstandbiedendheid van aartappels teen H. rostochiensis en M. hapla.

Grond wat swaar besmet was met M. hapla, is deeglik gemeng en in erdepotte met 15 cms. diameter geplaas. Die potte is daarna in die buitelig driekwart in grond geplaas om verdamping te beperk en die betrokke aartappelsoorte is daarin geplant. Vir iedere hybried is 10 potte gebruik. Na 2 maande is die besmettingsgraad op die wortels bepaal deur die pot om te keer en die plant met grond en al daaruit te skud. Die wortels van die plant het intussen 'n wortelmat teen die rand van die pot gevorm, sodat die wortels met grond die vorm van die pot bewaar. Die aantal eiersakke wat op die wortelmat ontwikkel het, is getel. Na 5 maande is ook knolle van die plante uitgehaal en ondersoek. Op hierdie stadium was baie van die plante egter al dood en in verskeie gevalle het geen knolle ontwikkel nie.

Die aartappelhybriede is voorheen almal deur die "Station voor Insektenkunde" by die Rijkslandbouwhogeschool te Gent, getoets teen H.

rostochiensis en almal was weerstandbiedend. Onder weerstandbiedend word hier verstaan dat geen siste op die wortels ontwikkel het nie.

Die volgende hibriede is gebruik:

1. Sagitta.
2. Specula.
3. Antinema.
4. 1182 Kroeze 55 - 169.
5. 1183 Kroeze 55 - 398.
6. 1178 Loman 53 - 123.
7. 1185 Loman M. 54 - 106 - 1.
8. 1186 Loman 53 - 124.
9. 1175 Engelum 3023.
10. 1176 Engelum 2749.
11. 1177 Engelum 3015.
12. 1179 Engelum 2733.
13. 56.207/48N.
14. 56.207/52N.
15. 1180 Hasima 54 - 19 - 16.
16. Ang. x Adj. 63.15 x 98(37).
17. 1184 Hettoma 54 - 20 - 46.
18. Bintje (Kontrole).

Vir 'n bepaalde besmettingsgraad, is 'n bepaalde kategorienommer gegee volgens o.s. standaarde:

Tabel 27. Berekening van die besmettingsgraad van plante volgens aantal sigbare eiersakke per plant.

Kategorienommer.	Aantal sigbare eiersakke per plant.
0	Geen eiersakke sigbaar nie.
1	1 tot 20.
2	20 tot 50.
3	50 tot 100.
4	Meer as 100.

Die besmettingsindeks is bereken volgens 'n formule van Mc. Kinney, soos gewysig deur Horsfall en Heuberger (Smith en Taylor 1947).

$$\text{Besmettingsindeks} = \frac{\sum \text{Kategorienommers}}{\text{Aantal plante} \times 6} \times \frac{100}{1}$$

Tabel 28. Vergelykende besmettingsindeks van 'n aantal aartappelhybriede besmet met M. hapla.

Aartappelhybried.	Gemiddelde kategorienommer.	Besmettingsindeks.
Sagitta	1.9	31.5
Specula	2.0	33.3
Antinena	2.4	40.0
1182 Kroeze 55 - 169	2.3	38.3
1183 Kroeze 55 - 398	2.0	33.3
1178 Loman 53 - 123	1.9	31.5
1185 Loman M. 54 - 106 - 1	3.0	50.0
1186 Loman 53 - 124	3.1	51.6
1175 Engelum 3023	2.8	46.6
1176 Engelum 2749	3.0	50.0
1177 Engelum 3015	2.5	41.6
1179 Engelum 2733	1.5	25.0
56.207/48N	4.0	66.6
56.207/52N	3.0	50.0
1180 Haaima 54 - 19 - 16	2.9	47.3
Ang. x Adj. 63.15 x 98(37)	2.8	46.6
1184 Hettema 54 - 20 - 46	2.2	36.6
Bintje (Kontrolle)	3.1	51.6

Na 5 maande is ook knolle van al die plante ondersoek en in alle gevalle is 'n besmetting genoteerd. Op hierdie stadium was baie plante egter al dood.

Uit bogenoemde gegewens blyk dit dus dat M. hapla op die wortels en knolle van al die betrokke aartappel hibriede ontwikkel en reproduceer. Daar is dus nie noodwendig 'n verband in die weerstandbiedendheid van aartappels teen verskillende nematode genera nie.

5. Vergelykende besmettingsindeks van aartappelwortels en knolle vir M. hapla en M. incognita.

Die skade wat deur knopwortelaalwurms aan aartappelplante veroorsaak word, is van tweërlei aard, nl.:

1. Skade veroorsaak aan die groei van die plant as geheel.
2. Skade aan die knolle, en dus aan die oesopbrengs direk. Waar 'n ligte besmetting op die wortels van die plant oënskynlik nie die groei van die plant ernstig benadeel nie, kan 'n ligte besmetting van die knolle die markwaarde van die oes baie verlaag.

Die doel met hierdie eksperiment was dus om vas te stel of daar enige verskil bestaan in die besmettingsgraad van die knolle en wortels by M. hapla en M. incognita besmetting.

Aartappelknolle van die variëteit Bintje, is in sanderige grond in 15 erdepotte geplant (een knol per pot). Die grond is as volg benat met larwesuspensies van M. hapla en M. incognita.

5 Potte elk met + 30,000 larwes van M. hapla.

5 Potte elk met + 38,000 larwes van M. incognita.

5 Potte elk met 'n ongeveer gelyke aantal M. hapla en M. incognita larwes; + 40,000 tesame per pot.

Na 15 weke is die aartappelknolle uit elke pot gehaal en ondersoek. Dit sou beter gewees het om die plante eers na ongeveer 20 weke te ondersoek omdat die knolle na 15 weke nog nie behoorlik ontwikkel het nie, maar weens die aanwesigheid van witmotjies (Trialeurodes vaporariorum Westw.) moes die plante na 15 weke ondersoek word. Die wortels uit elke pot is afsonderlik fyn gesny en 3 monsters van 1 gram elk is vir elke pot ondersoek deur die aantal knoppe daarop te tel. Soortgelyk is die knoppe

op die knolle getel en herlei tot die aantal knoppe per 100 gram knolle. Die totale oesopbrengs van die knolle is ook bereken. Van die plante wat met sowel M. hapla en M. incognita besmet was, is 'n aantal wortels uit elk van die 5 potte geneem, fyn gesny, deeglik gemeng en met 0.1% katoenbloulaktofenol gekleur. Hieruit is 50 volwasse wyfies gedissekteer en volgens hulle perineale patrone geïdentifiseer. Ook die knolle is fyn gesny en gekleur en ook daaruit is 50 wyfies gedissekteer en geïdentifiseer. Die doel hiermee was om vas te stel wat die verhouding van die aantal M. hapla en M. incognita wyfies in die wortels en knolle was.

Tabel 29. Die gemiddelde besmettingsgraad van aartappelwortels en knolle vir M. hapla en M. incognita.

Besmet met:	Gemiddelde aantal knoppe per gram wortels.	Gemiddelde aantal knoppe per 100 gram knolle.
<u>M. incognita</u>	12.6	66.3
<u>M. hapla</u>	10.8	34.7
<u>M. incognita</u> + <u>M. hapla</u>	14.3	61.9

Tabel 30. Die verhouding van M. hapla en M. incognita in die wortels en knolle van aartappels.

	Knolle	Plantdeel: Wortels
<u>M. hapla</u>	9	17
<u>M. incognita</u>	28	23
Onidentifiseerbaar	13	10
Persentasie <u>M. hapla</u>	18	34

Tabel 31. Oesopbrengs van aartappels besmet met verskillende Meloidogyne spesies.

Besmetting.	Totale gewig van knolle, in gram.
<u>M. hapla</u>	345
<u>M. incognita</u>	200
<u>M. hapla</u> + <u>M. incognita</u>	209

Uit tabel 29 blyk dit dat ongeveer eweveel knoppe van M. hapla en M. incognita op die wortels van aartappels ontwikkel, maar dat daar per gewig knolle byna twee keer soveel knoppe van M. incognita as van M. hapla ontwikkel. Volgens tabel 31 is die oesopbrengs van die knolle ook veel hoër in grond besmet met M. hapla as in grond besmet met M. incognita, wat waarskynlik te wyte is aan die hoër besmettingsgraad van die knolle deur M. incognita. Waar ongeveer gelyke hoeveelhede M. hapla en M. incognita larwes op dieselfde plant geïnokuleer was, het persentasiegewys byna twee keer soveel larwes van M. hapla in die wortels ontwikkel as in die knolle (34% teenoor 18%), terwyl meer larwes van M. incognita in die knolle as in die wortels ontwikkel het, hoewel die verskil hier nie betekenisvol is nie. Oor die algemeen word die indru. dus geskep dat sowel M. hapla as M. incognita in groot getalle op die wortels van aartappels parasiteer, maar dat M. incognita gereedliker op die knolle parasiteer as M. hapla.

C. Bespreking.

Deur die besmettingsgraad van aartappels as maatstaf te neem, is bevind dat Eragrostis curvula (Ermelo tiepe) en katoen (Bancroft, seleksie C.A.7), oor 'n tydperk van ses jaar 'n goeie beheer van knopwortel-aalwurms gegee het (97.1% en 95.3% onderskeidelik), terwyl kasterolie en grondbone, hoewel nie-geskikte gasheerplante, onbevredigende resultate gegee het (tabel 19). Dit mag o.m. te wyte wees aan die teenwoordigheid van biologiese rasse wat die vermë besit om op laasgenoemde twee plantsoorte te parasiteer. Die feit dat M. hapla ook aanvanklik in geringe mate in die bevolking aanwesig was en die feit dat hierdie spesie wel op grondbone parasiteer, is beslis mede verantwoordelik vir die swak resultate wat met grondbone verkry is. Omdat katoen boonop 'n kontantoeslewer en die totale gewig onbesmette aartappels nie betekenisvol laer was as by E. curvula nie, bied hierdie plantsoort groot moontlikhede as 'n wisselbougewas. Hierdie resultate verskil dus met die van Minton, wat bevind het dat die grondbevolking van M. incognita acrita geleidelik toeneem in die teenwoordigheid van weerstandbiedende katoenvariëteite. Die feit dat die oesopbrengs van die katoen geleidelik gestyg het namate die knopwortelbevolking verminder (fig. 16), bewys dat die plantsoort tog aansienlik beskadig word. E. curvula (E.t.) lewer egter vanaf die begin 'n goeie hooiopbrengs. Hierdie plantsoort is dus skynbaar minder gevoelig vir die besmetting, of te weinig larwes penetreer die wortels om die plant enigsins te beskadig.

In 'n wisselboukombinasie met nie-geskikte gasheerplante, het 'n kombinasie van E. curvula - E. curvula - E. curvula - Aartappels en E. curvula - Sunnhenep - Grondbone - Aartappels, prakties dieselfde persentasie beheer gelever nl. 97.3% en 96.5% onbesmette aartappels onderskeidelik (fig. 17), maar die tweede kombinasie het 'n betekenisvol groter gewig aalwurmvrige aartappels gelever nl. 275 kg. per perseel teenoor 231 kg. Boonop sluit laasgenoemde kombinasie 'n kontantoeslewer (grondbone), terwyl sunnhenep as groenbemesting nuttig is. Lg. plantsoort is egter besonder vatbaar vir fusarium verwelksiekte, 'n faktor waarmee rekening gehou moet word. Hierdie swakker gewig opbrengs van aartappels op die E. curvula persele, kan waarskynlik te wyte wees aan die besonder hoë humusinhoud van die grond, as gevolg van die digte wortelstelsels van die grassoort. Dit sou dus wenslik wees om die persele geruime tyd te laat lê nadat die gras omgeploeg is en voordat aartappels

geplant word. In ander kombinasies, waar sowel grondbone as katoen gebruik is, het sommige misluk (kombinasie E, fig. 17 en 18) en was ander meer geslaagd (kombinasie D). Dit skyn dus dat nie alleen die graad van weerstandbiedendheid van 'n bepaalde nie-geskikte gasheerplant in ag geneem moet word nie, maar ook die posisie wat so 'n plant in 'n wisselboustelsel inneem. So kan grondbone skynbaar nuttig in 'n wisselboustelsel gebruik word, waar die aalwurmbevolking reeds deur ander metodes gevoelig verminder is. Omdat grondbone egter vatbaar vir M. hapla is, is kennis van die bevolkingsamestelling van knopwortelaalwurms in 'n gegewe gebied egter noodsaaklik. Alhoewel genoemde wisselboustelsels B en C (tabel 23), albei plantsoorte insluit wat geen kontantoes lewer nie. Sulke kombinasies is nie vir alle landbouers aanvaarbaar nie. Hierdie probleem kan egter oorbrug word deur van wisselboustelsels gebruik te maak wat uitsluitend plantsoorte insluit wat 'n kontantoes lewer. Sulke plantsoorte is meesal nie volkome weerstandbiedend nie en dit sal dus nodig wees om genoemde wisselboustelsels te kombineer met grondfumigasie. In 'n kombinasie van Grondbone - Grondbone - Katoen - Aartappels, is uitstekende resultate behaal met 'n fumigasie juis voordat die aartappels geplant is (netto wins van 86,699 B.F. per ha. gedurende 4 jaar), of voor die katoen (netto wins 86,870 B.F. per ha.) (fig. 22). In die eerste twee behandelings, waar fumigasie toegepas is onderskeidelik voor die eerste en tweede grondbone planting, was die totale netto wins nogtans hoër as waar geen fumigasie toegepas was nie. Dit bevestig ongetwyfeld die nut van fumigasie, selfs waar weerstandbiedende plantsoorte gekweek word. Al die plantsoorte het 'n beter oesopbrengs direk na die fumigasie gelewer (fig. 20). Dit is dus baie waarskynlik dat sowel grondbone as katoen, hoewel beide nie-geskikte gasheerplante is, tog deur die besmetting benadeel word. Alhoewel die persentasie besmetting in behandelings 3 en 4 (fig. 21) nie verskil nie, is tog 'n betekenisvol hoër aartappeloes in gewig verkry waar die aartappels direk na fumigasie verbou was. Dit is moontlik dat ander parasitêre nematodes wat tans nie as van belang beskou word nie, tog ernstige skade aan die plante kan berokken. Dit is ook 'n mening wat deur Thorne (Christie 1959) gehuldig word. Omdat aartappels die hoofvrug is, en omdat aartappels per gegewe oppervlakte finansiëel 'n veel groter inkomste lewer as grondbone of katoen, is dit dus wenslik om die grond te behandel juis voordat die aartappels geplant word (d.w.s. minstens 4 weke). Dit is egter waarskynlik dat soortgelyke wisselboustelsels in ander klimaatstreke waar

of katoen of grondbone die hoofvrug is, met sukses toegepas kan word deur direk voor die hoofvrug te fumigeer. Volgens die resultate verkry uit fig. 21, sal waarskynlik nog beter resultate verkry word, deur grondbone met katoen te vervang en dus dan 'n rotasiestelsel van Katoen - Katoen - Grondbone - Aartappels toe te pas, omdat katoen die knopwortelbevolking beslis verlaag terwyl grondbone die bevolking ongeveer stabiel hou. Dit is egter 'n algemene opvatting onder landbouers dat grondbone die grond baie uitput, sodat 'n daaropvolgende aartappeloes nie maksimaal is rye. Indien dit waar sou wees, sou 'n stelsel van Katoen - Grondbone - Katoen - Aartappels miskien toegepas kan word, met in hierdie geval weereens 'n fumigasie net voordat die aartappels geplant word.

Al hierdie probleme sou natuurlik opgelos kon word, as 'n aartappelhybrid gevind kon word wat weerstandbiedend teen knopwortelaalwurms is. Agtien hybriede wat weerstandbiedend teen Heterodera rostochiensis is, is teen M. hapla getoets en almal was vatbaar. Dit illustreer weereens die gespesialiseerde aard van weerstandbiedendheid teen verskillende nematodesoorte. Omdat 'n aanknopingspunt tot dusvêr ontbreek, is die waarskynlikheid dat 'n bruikbare aartappelhybrid wat weerstandbiedend is teen knopwortelaalwurms in die onmiddellike toekoms geteel sal word, betreklik klein.

Hoewel M. incognita met skynbaar dieselfde gemak op sowel die wortels as knolle van aartappelplante parasiteer, is bevind dat M. hapla skynbaar voorkeur verleen aan die wortels (tabel 29). Dit is ongetwyfeld 'n aspek wat by die verbouing van aartappels in ag geneem moet word, waar nie alleen die gewigopbrengs van die aartappels van belang is nie, maar die voorkoms van die knolle tot 'n groot mate die markwaarde daarvan beïnvloed.

SAMEVATTING.

Omdat daar biologiese rasse van knopwortelaalwurms bestaan en omdat die parasiet so snel kan vermeerder, is besluit om plante waarin die parasiet reproduseer, nie as weerstandbiedend te beskou nie. Die volgende terme word dus voorgestel:

1. Immuun. Geen larwes penetreer die plantwortels nie.
2. Weerstandbiedend. Penetrasie vind wel plaas, maar geen reproduksie nie.
3. Vatbaar. Reproduksie vind plaas. Daar word egter onderskei tussen plante waar die reproduksie en ontwikkeling skynbaar normaal plaasvind (geskikte gasheerplante) en plante waar die reproduksie en ontwikkeling nie normaal plaasvind nie (nie-gesik- te gasheerplante).

Sowel weerstandbiedende as vatbare plantsoorte kan „tolerant“ of „hypersensitief“ wees.

Die invloed van weerstandbiedende en vatbare gesheerplante, sowel as omgewingsfaktore, op sommige Meloidogyne spesies, is bestudeer. Die studie is in vier hoofstukke verdeel om die reaksies van die parasiet in die verskillende stadia van die lewenssiklus waar te neem. As voor- beelde van weerstandbiedende plantsoorte is Tagetes erecta, Asparagus officinalis, Crotalaria spectabilis en Eragrostis curvula (Ermelo tiepe) verkies, terwyl Phaseolus vulgaris en Lycopersicon esculentum as vat- bare plantsoorte gebruik is.

Hoofstuk 1. Faktore wat die voorparasitêre ontwikkeling van *M. hapla* beïnvloed.

Sowel die vatbare as weerstandbiedende plantsoorte, trek larwes van *M. hapla* na die wortels aan. Daar is geen duidelike verskille in die aantrekkingskrag van die weerstandbiedende plantsoorte as groep en vat- bare plantsoorte as groep nie, maar in elke groep variëer die aantrek- kingskrag van die verskillende plantsoorte betekenisvol. Faktore soos groeismelheid, worteldikte en ouderdom van die plante beïnvloed waar- skynlik die aantrekkingskrag. In die wortelafskedings van geen van ge- noemde weerstandbiedende plantsoorte, kon enige aanduidings van faktore met 'n nematisiede of inhiberende invloed op die uitsluiting van die

larwes uit eiers, of die oorlewing van die larwes in grond, gevind word nie.

Deur grond waarin E. curvula groei te deurlug, oorleef veel meer larwes as andersins die geval is. Of dit te wyte is aan die toevoeging van O₂ of die verplasing van ander gasse soos bv. CO₂, is nie vasgestel nie. Meer larwes oorleef ook in sandgrond wanneer die grond deurlug word, selfs wanneer die grond onbeplant is. Dit is slegs by 'n 5% obtd. so by humusryke grond. Ander faktore, uitgesonderd die grond-atmosfeer, het waarskynlik ook 'n invloed op die larwes in grond met ontbindende plantreste, soos bv. verbindings met nematisiede eienskappe, wat tydens die ontbindingsprosesse mag ontstaan, of nematofage swamme en ander organismes.

Hoofstuk 11. Faktore wat die penetrasie van plantwortels deur M. hapla beïnvloed.

Drie weke na inokulasie van gesonde tamatieplante en plante met minerale gebreke met larwes van M. hapla, is bevind dat per gegewe wortelgewig die gesonde plante, swaarder besmet was. Dit word gewyt aan die feit dat minder larwes in laasgenoemde geval die wortels penetreer, of dat die larwes afsterf weens voedselgebrek of weens afsterwing van die wortels self. Minder larwes slaag ook daarin om die wortels van ouer plante te penetreer. Dit is moontlik dat aangesien die lignienpersentasie in die selwande van ouer plante veel hoër is as by kiemplantte, dit hier 'n belangrike rol mag speel.

Slegs enkele larwes kon daarin slaag om wortels van E. curvula en A. officinalis te penetreer. Veel meer larwes het Tagetes wortels gepenetreer terwyl die aantal larwes wat C. spectabilis wortels gepenetreer het, per gegewe wortelgewig nie betekenisvol minder was as die aantal larwes wat die wortels van die vatbare plantsoorte gepenetreer het nie.

Hoofstuk 111. Faktore wat die parasitêre ontwikkeling van M. hapla beïnvloed.

In geen van genoemde weerstandbiedende plantsoorte het M. hapla tot volwassenheid ontwikkel of gereproduseer nie. Nogtans is in enkele gevalle reuseselvorming by T. erecta en C. spectabilis waargeneem. By T. erecta is 'n opmerklike groot aantal larwes waargeneem wat skynbaar nie daarin kon slaag om die wortels volledig te penetreer nie. Nekrosevorming is ook by T. erecta en C. spectabilis gevind. In ontbindende wortelsappe van sowel weerstandbiedende as vatbare plantsoorte, ont-

staan faktore wat M. hapla larwes inaktiveer. Hierdie inaktivering vind egter gouer plaas in sappe van T. erecta en C. spectabilis. Na verskeie ure herstel sommige van die larwes weer, maar in 'n mindere mate by reeds genoemde twee plantsoorte. Sulke larwes het egter skynbaar grotendeels hulle patogene eienskappe verloor. Hierdie eienaardige verskynsel kan miskien as volg verklaar word:

1. Die inhiberende faktor gaan na 'n bepaalde tyd tot niet, of:
2. Die larwes pas hulle aan by die gewysigde toestande.

Onder steriele toestande bly larwes aktief in wortelsappe van die vatbare plantsoorte, asook van A. officinalis, maar raak na \pm 18 uur by \pm 27° weer onaktief in sappe van C. spectabilis en T. erecta. Dit skep dus die indruk dat in wortelsappe van C. spectabilis en T. erecta, faktore ontstaan met 'n nematiese werking. Dit is waarskynlik dat sulke faktore ook in ander plantsoorte ontstaan, maar dan nie in sulke sterk konsentrasies as by genoemde twee plantsoorte nie. Faktore wat dus o.a. 'n rol speel in die weerstandbiedendheid van genoemde plantsoorte, is nl.:

1. Die onvermoë van larwes om die wortels te penetreer, soos veral opgemerk by E. curvula en A. officinalis. Selwanddikte, lignienpersentasies van die selwande ens. mag hier 'n rol speel.
2. Die plant reageer nie bevredigend op die nematodeafskeidings om reuseselle te vorm nie, wat noodsaaklik is vir die ontwikkeling van die parasiet. A. officinalis, E. curvula, C. spectabilis en T. erecta.
3. Wortelselle, veral om die kop van die parasiet, word nekroties, om sodoende die parasiet van sy voedselbron te isoleer. C. spectabilis en T. erecta.
4. Faktore ontstaan in die wortels wat 'n inhiberende of nematiese werking besit. Sulke faktore kan ontstaan:
 - a) Deur ontbindingsprosesse onder invloed van mikro-organismes wat waarskynlik by bepaalde plantsoorte aktiewer is of in sterker konsentrasies ontstaan.
 - b) Deur die metaboliese afbraak van verbindings in plante, waarskynlik onder invloed van ensiematiese afskeidings van die larwes.

Die toleransieverskynsel by tamaties is ondersoek, waaruit dit blyk dat tamaties onder gunstige groeitoestande oënskynlik goed groei, selfs wanneer groot gedeeltes van die wortelstelsel verwyder word. Verbouingsmetodes, soos die kweek van kiemplantte in onbesmette grond voordat dit

uitgeplant word, sowel as gekontroleerde groeitoestande (veral vogtigheid), speel dus 'n belangrike rol in die „toleransie" van vele plante vir knopwortelaalwurm besmettings.

Hoofstuk 1V. Die praktiese nut van weerstandbiedendheid by die bestryding van Meloidogyne spp.

Die invloed van katoen (Gossypium hirsutum), Kasterolie (Ricinus communis), Grondbone (Arachis hypogaea) en Eragrostis curvula (Ermelotie) op grondbevolkings van knopwortelaalwurms oor 'n tydperk van 6 jaar, is bestudeer. Die motief was om plantsoorte te vind om in wisselboustelsels te gebruik, waar aartappels die hoofvrug is. Dit is bevind dat katoen en Eragrostis curvula, na twee jaar 'n goeie beheer van die parasiet gegee het (80.9% en 91.3% aalwurmvrye aartappels onderskeidelik). Na 6 jaar was die beheer 95.3% en 97.1% onderskeidelik. Die hooi opbrengs van die gras het egter vanaf die eerste jaar begin daal, terwyl die opbrengs van die katoen 'n stygende neiging getoon het tot die 6 de jaar. Alhoewel katoen die parasiet skynbaar minder goed beheer het as E. curvula (uitgedruk as die persentasie aalwurmvrye aartappels), is 'n groter gewig onbesmette aartappels verbou waar katoen vir 6 jaar verbou was. Boonop is katoen 'n kontantgewas, wat dit uiters geskik maak om in wisselboustelsels te gebruik. Hoewel grondbone en kasterolie aanvanklik weerstandbiedende eienskappe vertoon het, het veral laasgenoemde swak resultate gelever, wat sowel aalwurm beheer as oesopbrengs betref. Grondbone kan egter nuttig in wisselboustelsels gebruik word nadat die aalwurmbevolking reeds deur ander plantsoorte drasties vermindert is. Nie alleen die plantsoort nie, maar ook die volgorde waarin die verskillende plantsoorte in wisselboustelsels gebruik word, is dus van groot belang. Vierjarige wisselboustelsels met uitsluitend kontantgewasse soos grondbone, katoen en aartappels, afgewissel met 1 fumigasie tydens die vier jaar, lewer uitstekende resultate, nie alleen wat die beheer van die parasiet betref nie, maar ook wat die totale netto opbrengs in kontant betref. Die beste resultate is verkry waar fumigasie direk voor die hoofvrug, wat in die geval aartappels was, toegepas word. 'n Aantal aartappelhybriede wat weerstandbiedend teen Heterodera rostochiensis is, is vatbaar bevind vir knopwortelaalwurms. Alhoewel 'n weerstandbiedende aartappelhybried die ideale oplossing sou bied, is sulke vooruitsigte tans betreklik klein, omdat nog geen aanknopingspunt gevind kon word om so 'n ondersoek te begin nie.

Alhoewel beide M. hapla en M. incognita in groot getalle op wortels van aartappelplante parasiteer, skyn dit dat M. incognita in betekenisvol groter aantalle as M. hapla op die knolle parasiteer. Dit is 'n faktor wat in gedagte gehou moet word, aangesien die graad van knolbesmetting die markwaarde van aartappels sterk beïnvloed.

S U M M A R Y.

As biological races of root-knot nematodes occur frequently and soil populations increase rapidly, it is suggested that all plants in which reproduction takes place, should be considered as susceptible. A difference should be made however, between plants in which reproduction is apparently normal (suitable hosts), and plants in which reproduction is not normal (unsuitable hosts).

A study was made of factors influencing Meloidogyne spp. :

1. Before penetrating the roots of susceptible and resistant plants.
2. During penetration, and
3. After penetration.

Phaseolis vulgaris and Lycopersicon esculentum were used as susceptible plants and Crotalaria spectabilis, Tagetes erecta, Asparagus officinalis and Eragrostis curvula (Ermelo type) as resistant plants. It was found that all the plants attracted larvae of M. hapla and that the root excretions of none of these plants apparently had any influence on the hatching off the eggs or the vitality of the larvae. By blowing air through soil planted with E. curvula, more larvae survived than in the control. It is not known whether that was a result of the increase of oxygen or the removal of other gasses. More larvae also survived in aerated sandy soils, but not in aerated humic soils. In the latter case, other factors than the soil atmosphere might be involved.

Older plants, or plants suffering from mineral deficiencies, were less severely attacked than younger and healthy plants. Although larvae penetrated the roots of all the plants involved, no completion of the life cycle took place in the roots of the resistant plants. Factors responsible for that phenomenon, might be one or more of the following:

1. Cell walls are too thick, or contain substances as lignine, which hamper the penetration of the larvae, e.g. E. curvula and A. officinalis.
2. Insufficient or no development of giant cells, which are necessary for the development of the parasite.
3. Necrosis formation, which isolates the parasites from their food resources, e.g. T. erecta and C. spectabilis.
4. Factors with nematocidal activity. The factors may develop as metabolic by-products during processes of decay of injured root tissue, caused by mechanical damage or the penetration of the larvae.

It had been found that larvae became inactive in extracts of plant roots, but recovered again after several hours, although less significant in extracts of resistant plants. Under sterile conditions, the larvae did not become inactive so quickly, which suggests that the inactivity was at least partly a result of factors caused by processes of decay. Recovered larvae, however, had lost most of their pathogenic abilities.

The conclusion was made that the so called "tolerance" phenomenon of especially tomatoes for root-knot infestation, is to a great extent a result of the cultivating methods of this crop.

E. curvula and Gossypium hirsutum (Bancroft), were found to be very useful plants in crop rotations to control root-knot nematodes. After two years successive growing, nematode-free potato crops of respectively 91.3% and 80.9% were grown. Although peanuts and especially cotton are not very susceptible to root-knot nematodes, both crops were damaged by the parasite. Although E. curvula gave a higher percentage of nematode-free potatoes, a higher weight of nematode-free potatoes was produced on soil previously planted with cotton. A four year crop rotation with peanuts (twice) and cotton and with potatoes as the main crop, combined with a soil fumigation with E.D.B. just before the main crop (potatoes), gave better results (also from an economic point of view) than a rotation without fumigation. Not only the plants used in a crop rotation, but also the sequence in which the plants are used, is of great importance.

Nineteen potato hybrids, resistant to H. rostochiensis, were found susceptible to root-knot nematodes. M. incognita parasitized more heavily on the tubers than M. hapla, while the infestation of the roots were about the same for both species.

BIBLIOGRAPHIE.

- ALLEN M. W., 1952. Observations on the genus Meloidogyne Goeldi 1887. Proc. Helm. Soc. Wash., 19 (1): 44-51.
- ALLARD R. W., 1954. Sources of root-knot nematode resistance in lima beans. Phytopathology 44 (1): 1.
- ANON 1943. Eelworm resistance. Rhodesia Agric. Journal. 40: 213.
1959. Plant Pathology: Problems and Progress 1908-1958. University of Wisconsin Press 1959. Part VII. pp. 384-427.
- ARNON D. I. and HOAGLAND D. R., 1940. Crop production in artificial culture solutions and in soils with special referenee to factors influencing yields and absorption of inorganic nutrients. Soil Science 50: 463-484.
- BANNER J. 1950. Plant Biochemistry. Academic Press, New York. 537 pp.
- BARHAM W.S. and WINSTEAD N. N., 1957. Inheritance of resistance to root-knot nematodes in tomatoes. Proc. Am. Soc. Hort. Sci. 69: 372-377.
- BARHAM W. S. and SASSER J. N., 1956. Root-knot nematode resistance in tomatoes. Proc. Assoc. Southern Agr. Workers. 53: 150-151.
- BARRET R. E. and Mc. LAUGHLIN J. H., 1954. Disease resistance factors in wheat, electrophoretic and chromatographic analysis of protëien extracts of wheat seedlings. J. Agt. Food Chem. 2: 102661029.
- BARRONS Keith C. 1939. Studies on the nature of root-knot resistance. Jour. Agric. Research 58 (4): 263-272.
1940. Root-knot resistance in beans. J. Hered. 31.35.38.
- BERG-SMIT J.v.d. 1953. Over het wortelrot bij narcissen. Weekblad Bloemb. Cult. No. 93/94.
- BINGEFORS S. 1953. Nematode resistance in clover and lucerne. Proc. Intern. Granland Congr. 6th Congr. pp. 1591-1596.
- BIRCHFIELD W. and VAN PELT H.M. 1958. Thermotherapy for nematodes of ornamental plants. Plant Dis. Rep. 42(4): 451-455.
- BIRD A.F. 1959. Development of the root-knot nematodes M. javanica (Treub) and M. hapla Chitwood in the tomato. Nem. 4.31.42.
1959. The attractiveness of roots to the plant parasitic nematodes. M. javanica and M. hapla. Nematologica 4, 322-335.

- BIRD A.F. 1960. The effect of some single element deficiencies on the growth of Meloidogyne javanica.
Nematologica 5.(2): 78.
1960. Additional notes on the attractiveness of roots to plant parasitic nematodes.
Nematologica 5, 217
- 1962 a. The inducement of giant cells by Meloidogyne javanica.
Nematologica 8 (1); 1-10.
- 1962 b. Orientation of the larvae of Meloidogyne javanica relative to roots.
Nematologica 8 (4) : 245-322.
- BOVIEN P. 1955. Host specificity and resistance in plant nematodes.
Ann. Appl. Biol. 42, 382-390.
- BRODIE, Bill B ; BRINKERHOFF L.A.; STRUBE, Ben F. 1960. Resistance to the root-knot nematode, Meloidogyne incognita acrita in upland cotton seedlings.
Phytopathology 50 (9) : 673
- CHAPMAN, R.A. 1957. The effects of aeration and temperature on the emergence of species of Pratylenchus from roots.
Pl. Dis. Repr. 41(10): 836.
- CHITWOOD B.G. 1949. "Root-knot nematodes" - Part 1.A. revision of the genus Meloidogyne Goeldi, 1887.
Proc. Helminthol. Soc. Wash. D.C. 16: 90-104.
- CHRISTIE J.R. 1936. The development of root-knot nematode galls.
Phytopath. 26 (1): 1-22.
1946. Host parasite relationship of the root-knot nematode, Heterodera marioni ll. Some effects of the parasite on the host.
Phytopathology 36 (5): 340-352.
1949. Host-parasite relationships of the root-knot nematodes Meloidogyne spp. lll. The nature of resistance in plant to root-knot.
Proc. Helminthol. Soc. Wash. D.C. 16: 104-108.
1959. Plant nematodes.
University of Florida, Gainesville, Florida.
1960. Some interrelationships between Nematodes and other Soil-Borne Pathogens.
Nematology (1960): 342.
- CHRISTIE J.R., ALBIN F.E. 1944. Host-parasite relationships of the root-knot nematode, Heterodera marioni l. The question of races.
Proc. Helm. Soc. Wash. 11(1): 31-37.

- CHRISTIE J.R., HAVIS L. 1948. Relative susceptibility of certain peach stocks to races of the root-knot nematode. *Plant Dis. Reporter*, 32(12): 510-514.
- CLARK F. 1949. Soil micro-organisms and plant roots. *Advances in Agronomy* 1: 241-288
- COLE C.S., HOWARD H.W. 1959. The effect of growing resistant potatoes on a potato-root eelworm (H. rostochiensis Woll.) population. *Nematologica* 4: 307-316.
- COLE C.S. and HOWARD H.W. 1962. Further results from a field experiment on the effect of growing resistant potatoes on a potato root eelworm (Heterodera rostochiensis) population. *Nematologica* 7(1): 57.
- CRITTENDEN H. W. 1952. Resistance of asparagus to Meloidogyne incognita var. acrita (Abstr.) *Phytopathology* 42:6.
- CRITTENDEN, H.W. 1954. Factors associated with root-knot nematode resistance in soybeans. (Abstr.) *Phytopathology* 44: 388.
- DAULTON Roy A.C. and NUSBAUM C.J. 1961. The effect of soil temperature on the survival of the root-knot nematodes Meloidogyne javanica and M. hapla. *Nematologica* 6: 280-294.
- DEAN J.C. and STRUBE F.B. 1953. Resistance and susceptibility to root-knot and sweet potatoes (Abstr.) *Phytopathology* 43: 290.
- DE FLINTER H.J. 1961. Harmonious control of Pests, its aspects and problems. *Med. Landbouwhogeschool en opvoekingsstations van de Staat te Gent. XXVI. (3) bl. 981.*
- DE GRISSE A. 1960. Meloidogyne kikuyensis R. sp., a parasite of Kikuya grass (Penisetum clandestinum) in Kenya. *Nematologica* 5.4. 303.
- DEN OUDEN H. 1958. A new method for culturing plants enabling the observation of nematodes on growing roots. *T. pl. ziekten* 64: 269-272.
- DROPKIN V.H. 1953. Studies on the variability of anal plate patterns in pure lines of Meloidogyne spp. The root-knot nematode. *Proc. Helminth Soc. Wash.* 20(1): 32-39.
1954. Infectivity and gall size in tomato and cucumber seedlings infected with Meloidogyne incognita var. acrita (root-knot nematode). *Phytopathology* 44: 43-49.
1955. The Relations Between Nematodes and Plants. *Experimental Parasitology*. Vol.IV (3): 282-322.

- DROPKIN V.H. 1959. Varietal response of soybeansto Meloidogyne - a bioassay system for separating races of root-knot nematodes.
Phytopathology 49: 18-23.
- DROPKIN V.H., SMITH jr., MYERS W.L. 1960. Recovery of Nematodes from infected roots by maceration.
Nematologica 5.4 : 285.
- DUNNETT J.M. 1961. Inheritance of resistance to potato root eelworm in a breeding ling stemming from Solanum Multidissectum Hawkes.
Scottish Plant Breeding Station Report 1961.
- ELLENBY C. 1952. Resistance to the potato root-eelworm, Heterodera rostochiensis Wollenweber.
Nature, London, 170 : 1016.
1954. Environmental determination of the sex ratio of a plant parasitic nematode.
Nature, London 174 : 1016.
- FAIRBAVIN, 1960. The physiology and biochemistry of Nematodes.
Nematology. Edited by Sasser and Jenkins.
- FILIPJEV I.N. and SCHUURMANS-STEKHOVEN J.H. Jr. 1941.
A Manual of Agricultural Helminthology. XV + 878 pp. E.J. Brill, Leiden.
- FRANKLIN M.T. 1957. Review of the genus Meloidogyne.
Nematologica. 11 Suppl., : 387-397S.
1959. Root-knot Nematodes, Meloidogyne spp.
Plant Nematology. Technical Bulletin No.7 Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, London. p.175.
1962. Preparation of posterior cuticular patterns of Meloidogyne spp. for identification.
Nematologica 7(4): 336.
- GADD and LOOS 1941. Host specialization of Aguillulina pratensis l. Attractiveness of roots.
Ann. Appl. Biol. 28 (4) : 372.
- GASKIN T.A. and CRITTENDEN H.W. 1956. Studies of the host range of Meloidogyne hapla.
Pl. Dis. Rep. 40(4): 265-270.
- GENTILE, A.G. et. al. 1962. Reactions of sweet potato breeding lines to Meloidogyne spp. when inoculated by an improved method.
Phytopathology 52 (11) : 1225.
- GILLARD A. 1954. Biologie en bestrijding der wortelknobbelaaltjes, gevreesde parasieten in Land- en Tuinbouw.
Land en Tuinbouwjaarboek 1954/55: 285-290.

- GILLARD A. 1958. Onderzoekingen over wortelknobbelaaltjes (Meloidogyne spp.). Economisch belang en verspreiding in België. Landbouwtijdschrift 11(6): 995-998.
1961. Onderzoekingen omtrent de biologie, de verspreiding en de bestrijding van wortelknobbelaaltjes (Meloidogyne spp.). Med. Landbouwhogeschool en de Opzoekingsstations van de Staat te Gent. XXVI (2): 515-646.
- GILLARD A. en VAN DEN BRANDE J. 1956a. Influence de la Lumière sur le Développement du Nématode des Racines, Meloidogyne sp. Nematologica 1 (3): 184-188.
- 1956b. Bijdrage tot de studie der waardplanten van de wortelknobbelaaltjes Meloidogyne hapla Chitwood en M. arenaria Neal. Mededelingen van de Landbouwhogeschool en de Opzoekingsstations van de Staat te Gent. XXI (4): 653-662.
1957. Essais de lutte contre les nématodes des racines (Meloidogyne spp.) au moyen de chauffage électrique du sol. Extrait des comptes rendus du 1V Congrès International de lutte contre les Ennemis des Plantes. Hambourg 1957, Vol. 1 (Braunschweig 1959): 623-627.
1959. Elektrische bodemverwarming met behulp van kippen gaas ter bestrijding van de wortelknobbelaaltjes. Landbouwtijdschrift 12 (9): 925-930.
- GILLARD A., D'HERDE J., VAN DEN BRANDE J. 1958. Invloed van koolzuur op het uitkomen der larven van Heterodera rostochiensis Woll. Med. Landbouwhogeschool en Opzoekingsstations van de Staat te Gent. 23 (3-4): 689-694.
- GODFREY G.H. en HAGAN H. R. 1933. Influence of soil hydrogen-ion concentration on infection by Heterodera radiculicola (Greeff) Müller. Soil Sci. 35 (3): 175-184.
- GOFFARD H. 1957. Fortschritte auf dem Gebiete der züchtung nematoden-resistenter Kartoffelsorten.
- GOLDEN M. A. 1959. Significance of males in reproduction of the sugar beet nematode (Heterodera schachtii). Pl. Dis. Repr. 43 (9).
- GOODEY T. 1957. Laboratory methods for work with plant and soil nematodes. Minn. Agr. and Fish. Tech. Bull. No. 2. 25p.
- GOODEY T., revised by GOODEY J. B. 1963. Soil and Freshwater Nematodes. London. Methuen and Co. Ltd. pp. 544.
- GOODEY J. B., FRANKLIN M.T. 1958. The nematode parasites of plants catalogued under their hosts. Commonwealth Agricultural Bureaux, Farnham Royal, Bucks., England.
- GOODEY J.B., FRANKLIN M.T., HOOPER D.J. 1958. Supplement to the nematode parasites of plants catalogued under their hosts. Com. Agr. Bur. Farnham Royal, Bucks., England.
- GOPLEN B.P., STANFORD E.H., ALLEN M.W. 1959. Demonstration of Physiological Races within three root-knot nematode species attacking alfalfa. Phytopathology 49: 653-656.

- GRAHAM T.W. 1952. Susceptability of tobacco species to root-knot nematode species.
Pl. Dis. Report. 36 (3): 87-88.
- HARE W.W. 1956. Comparative resistance of seven pepper varieties to five root-knot nematodes.
Phytopathology 46 (12): 669.
- HOLLIS J.P., JOHNSTON T. 1957. Microbiological reduction of nematode populations in water-saturated soils.
Phytopathology 47: 525.
- HOWARD H.W. 1959. Eelworm-resistant Potatoes - the present position.
Pl. Nem. Min. Agric. Fish. and Food. London.
- HUIJSMAN C.A. 1956. Breeding for resistance to the potato root eelworm (Heterodera rostochiensis Woll.).
Nematologica 2: 185-192.
1956. Breeding for resistance to the potato root eelworm in the Netherlands.
Nematologica 1: 94-99.
1961. The influence of resistant potato varieties on the soil populations of Heterodera rostochiensis Woll.
Nematologica 6 (3): 177.
- JOHNSTON T. 1957. Further studies on microbiological reduction of nematode population in watersaturated soils.
Phytopathology 47: 525.
- JOHNSON R., NICHOLS., VIGLIERCHIO D.R. 1961. The accumulation of plant parasitic nematode larvae around Carbon Dioxide and Oxygen.
Helm. Soc. Wash. 28 (2): 171.
- JONES F.G.W. 1954. First steps in breeding for resistance to potato root eelworm.
Ann. Appl. Biol. 41: 348-353.
1957. Resistance-breaking biotypes of the potato root eelworm (Heterodera rostochiensis Woll.).
Nematologica 2: 185-192.
1958. Resistance-breaking populations of potato root eelworms.
Plant Pathology 7 (1):
- KLINGLER J. 1959. Anziehung van Kollenbolen und Nematoden durch Kohlendioxyd.
Quellen Mitt Schweiz. ent. Ges. 32: 311-316.
- KOEN H. 1961. 'n Fisiologiese studie oor die wisselwerking tussen Meloidogyne javanica (Treub, 1885) Chitwood, 1949 en sekere gasheerplante.
M. Sc. thesis, Universiteit van Pretoria, Pretoria.
- ..
- KUHN H. 1959. Zum Problems der Wirtsfundung Phytopathogener Nematoden.
Nematologica 4 (3): 165.
- LIAO S.C., DUNLAP A.A. 1950. Arrested invasion of Lyccopersicon peruvianum roots by the root-knot nematode.
Phytopathology 40: 216-218.
- LINFORD M.B. 1939. The feeding of the root-knot nematode in root tissue and nutrient solution.
Phytopathology 27 (8): 824-835.

- LINFORD M.B. 1939. Attractiveness of roots and excised shoot tissue to certain nematodes.
Proc. Helm. Soc. Wash. 6 (1): 11.
1941. The feeding of nematodes before and during their entry into roots.
Phytopathology 31 (9): 862.
1942. The transient feeding of root-knot nematode larvae.
Phytopathology 32: 580-589.
- LOUWENBERG J.R., SULLIVAN T., SCHUSTER M.L. 1960. Gall induction by Meloidogyne incognita by surface feeding and factors affecting the behaviour pattern of the second stage larvae.
Phytopathology 50 (4): 322-323.
1960. The effect of pH and minerals on the hatching and survival of Meloidogyne incognita incognita larvae.
Phytopathology 50 (3): 215.
- LOWNSBERY B.F., VIGLIERCHIO D.R. 1958. Mechanism of accumulation of Meloidogyne hapla around roots of tomato seedlings.
Phytopathology 48: 395.
- MACHMER J.H. 1951. Root-knot of peanut 1. Distribution.
Plant Dis. Reporter 35 (8): 364-366.
- MACHLIS LEONARD, TORREY JOHN G. 1956. Plants in Action.
W.H. Freeman and Co. pp. 162.
- MAGGENTI A.R., ALLEN M.W. 1960. The origin of the Gelatinous Matrix in Meloidogyne.
Proc. Helm. Soc. Wash. 27 (1): 4-10.
- MANKAU R. 1962. The effect of some organic additives upon a soil nematode population and associated natural enemies.
Nematologica 7 (1): 65.
- MARTIN W.J. 1953. Reaction of the Deltapine 15 variety of cotton to different isolates of Meloidogyne (Abstr.).
Phytopathology 43: 292.
1954. Parasitic Races of Meloidogyne incognita var. acrita.
Plant Disease Reporter, Suppl. 227: 86-88.
- MARTIN G.C. 1956. The common root-knot nematode and crop rotation.
Rhod. Fmr. (Reprint of series of art. 13-7-56 onwards.
- MINTON NORMAN A., CAIRNS ELDON J., SMITH A.L. 1960. Effect on root-knot nematode populations of resistant and susceptible cotton
Phytopathology 50 (11): 784.
- MINTON NORMAN A. 1962. Factors influencing resistance of cotton to root-knot nematodes (Meloidogyne spp.).
Phytopathology 52 (3): 272.
- MINZ G. 1956. The root-knot nematode, Meloidogyne spp. in Israel.
Pl. Dis. Reporter 40 (9): 798-801.
- MOUNTAIN W.B. 1955. A method of culturing plant -parasitic nematodes under sterile conditions.
Proc. Helm. Soc. Wash. 22: 49-52.

- MOUNTAIN W.B. 1957. Resistance as a function of tolerance levels. Proc. of the S-19 Workshop in Phytonematology.
1960. Mechanisms involved in plant-nematode relationships. Nematology, 1960. p. 427. Edited by Sasser and Jenkins
- MOUNTAIN W.B. and PATRICK Z.A. 1959. The peach replant problem in Ontario VII. The pathogenicity of Pratylenchus penetrans (Cobb. 1917) Filip. and Stek. 1941. Can. J. Bot. 37: 459-470.
- NUSBAUM C.J. 1958. The resistance of root-knot infected tobacco plants to folliar applications of maleic hydrazide. Phytopathology 48: 344.
- OMIDVAR A.M. 1961. On the effects of root diffusates from Tagetes spp. on Heterodera rostochiensis Woll. Nematologica 6 (2): 123.
1962. The nematocidal effects of Tagetes spp. on the final population of Heterodera rostochiensis Woll. Nematologica 7 (1): 62.
- OOSTENBRINK M. 1950. Het aartappelaaltje (Heterodera rostochiensis Woll.) een gevaarlijke parasiet voor de eenzijdige aardappel-kultuur. Med. Plantenziek. Dienst Wageningen 115: 1-230.
1954. Een doelmaige methode voor het toetsen van aaltjesbestrijdingsmiddelen in grond met Hoplolaimus uniformis als proefdier. Sesde Jaarlijkse Symposium over Phytopharmacie te Gent XLX (3): 377.
- OOSTENBRINK M., KUIPER K., S'JACOB J.J. 1957. Tagetes als feindpflanzen von Pratylenchus Arten. Nematologica 2: Suppl. 424-433.
- OOSTENBRINK M., S'JACOB J.J. 1958. Cursus Nematologie voor de Specialisten voor Plantenziekten van de Rijkslandbouwvoorlichtingsdiensten, Wageningen.
- OTEIFA B.A. 1951. Effects of potassium nutrition and amount of inoculum on rate of reproduction of Meloidogyne incognita. J. Wash. Acad. Sci. 41: 393-395.
1952. Effects of nutrition and amount of inoculum on rate of reproduction of Meloidogyne incognita. Phytopathology 42 (1): 15-16.
1952. Potassium nutrition of the host in relation to infection by a root-knot nematode. Soc. Wash. 19: 99-104.
1953. Development of the root-knot nematode Meloidogyne incognita, as affected by potassium nutrition of the host. Phytopathology 43: 171-174.
- PAINTER R. 1951. Insect Resistance in Crop Plants. Macmillan N.Y. pp. 520.
- PEACOCK F.C. 1959. The development of a technique for studying the host-parasite relationship of the root-knot nematode Meloidogyne incognita under controlled conditions. Nematologica 4: 43-55.

- PEACOCK F.C. 1961. A note on the attractiveness of roots to plant parasitic nematodes.
Nematologica 6 (1): 85.
- PERRY V.G. 1952. The Northern root knot nematode Meloidogyne hapla, found in Florida and Alabama.
Plant Disease Reporter 36 (8): 335.
- RIGGS R.D., WINSTEAD N.N. 1958. Attempts to transfer root-knot resistance in tomato by grafting (Abstr.).
Phytopathology 48: 344.
1959. Studies on resistance in tomato to root-knot nematodes and on the occurrence of pathogenic biotypes.
Phytopathology 49: 716-724.
- RITTER M. AND RITTER R. 1958. Caractères du cycle évolutif d'un Meloidogyne, Nématode parasite des racines de la Tomate Lycopersicon esculentum Mill.
Comptes rendus des Séances de l'Académie des Sciences Paris, 246: 1773-1776.
- ROHDE R.A. 1960. The influence of carbon dioxide on the respiration of certain plant-parasitic nematodes.
Proc. Helm. Soc. Wash. 27: 160-164.
1960. Acetylcholinesterase in Plant Parasitic Nematodes and an Anticholinesterase from Asparagus.
Helm. Soc. Wash. 27 (2): 121.
1960. Mechanisms of resistance to plant-parasitic nematodes. Nematology: 447. Edited by Sasser and Jenkins.
- ROHDE R.A. AND JENKINS W.R. 1958. Basis for resistance of Asparagus officinalis var. altilis L. to the stubbyroot nematode Trichodorus christiei Allen 1957.
Bull. Univ. Md. Agric. Exp. Sta. A-97: 19.
- ROVIRA A.D. 1959. Root excretions in relation to the rhizosphere effect. 4. Influence of plant spp., age of plant, light and temp. and Ca nutrition on exudation.
Plant and Soil 11: 53.
- RUSSEL E.J. 1950. Soil conditions and plant growth. 8 th. Edition.
- SASS JOHN E. 1958. Botanical Microtechnique.
Iowa State College Press. Ames, Iowa. pp. 288.
- SASSER J.N. 1952. Identification of root-knot nematodes (Meloidogyne spp.) by host reaction.
Plant Disease Reporter 36 (3): 84-86.
1954. Identification and host parasite relationship of certain root-knot nematodes (Meloidogyne spp.).
Bull. Md. Agric. Exp. Sta. A-77 (Tech.) pp.31.
- SASSER J.N. AND NUSBAUM C.J. 1955. Seasonal fluctuations and host specificity of root-knot nematodes in two-year tobacco rotation plots.
Phytopathology 45: 540-545.
- SASSER J.N. AND JENKINS W.R. 1960. Nematology.
The Univ. of North Carolina Press, Chapel Hill, pp. 480.

- SEINHORST J.W. 1956: Biologische rassen van het stengelaaItje Ditylenchus dipsaci (Kuhn) Filipjev en hun waardplanten.1. Reacties van vatbare en resistente planten op aantasting en verschillende vormen van resistensie. Tijdschrift Pl. Ziekt. 62: 179-188.
1961. Plant- Nematode Inter-relationships. Annual Review of Microbiology. 15: 177.
- SHEPHERD. 1959: Testing populations of beet eelworm, Heterodera schachtii Schmidt for resistance-breaking biotypes, using the wild beet (Beta patellaris Moq.) as indicator. Nature. 183: 1141-1142.
1959. The invasion and development of some species of Heterodera in plants of different host status. Nematologica 4: 253-267.
- SMITH F.B. AND BATISTA 1942: The nematode problem from the soil microbiological standpoint. Proc. Soil Sci. Soc. Fla. 4-B: 144-147.
- SMITH AND TAYLOR 1947: Phytopathology 37(2).
- STEINER G. 1925: The problem of host selection and host specialization of certain plant infesting nemas and its application in the study of nemie pests. Phytopathology 15: 499-534.
1941. Nematodes parasitic on an associated with roots of mary-golds (Tagetes hybrids). Proc. Biol. Soc. Wash. 54: 31-34.
- TARJAN A.C. AND HOPPER B.E. 1953: Effect of an increased photoperiod on egg mass production by the root-knot nematode, Meloidogyne incognita (Kofoid and white) Chitwood. Pl. Dis. Reporter 37: 313-314.
- TAYLOR A.L. 1960: Chemical Control. Nematology. Edited by Sasser and Jenkins, pp. 469.
- TAYLOR A.L., DROPKIN V.H., MARTIN G.C. 1955: Perineal patterns of root-knot nematodes. Phytopathology 45 (1): 26-34.
- THOMASON I.J. 1957: Influence of soil temperature on reproduction of Meloidogyne spp. Phytopathology 47: 34-35.
- THORNE G. 1949: On the classification of the Tylenchida, new order (Nematoda, Phasmidia). Proc. Helia. Soc. Wash. 16: 37-73.
1961. Principles of Nematology. Mc.Graw Hill Book Co., Inc. Pp. 553.
- TOXOPEUS H.J. AND HUIJSMAN C.A. 1953: Breeding for resistance to potato root eelworm. Euphitica 2: 180-186.
- TRIANAPHYLLOU A.C. 1960: Sex determination in Meloidogyne incognita Chitwood, 1949 and intersexuality in M. javanica (Treub, 1885) Chitwood, 1949. Ann. Inst. Phytopath. Benaki, N.S., 3: 12-31.

- TRIANTAPHYLLOU A.C. AND HITSCHMANN HEDWIG 1960: Post-infection development of Meloidogyne incognita Chitwood, 1949 (Nematoda: Heteroderidae).
 Ann. Inst. Phytopath. Benaki, N.S. 3: 3-11.
- TRIANTAPHYLLOU A.C. AND SASSER J.N. 1960: Variation in perineal patterns and host specificity of Meloidogyne incognita.
 Phytopathology 50: 724-735.
- TRIANTAPHYLLOU A.C. 1962: Oögenesis in the root-knot nematode Meloidogyne javanica.
 Nematologica 7 (2): 8.
- TYLER J. 1933: Development of the root-knot nematode as affected by temperature.
 Hilgardia 7: 391-415.
- 1933a: Reproduction without males in aseptic root cultures of the root-knot nematode.
 Hilgardia 7: 373-388.
- 1941: Plants reported resistant or tolerant to root-knot nematode infestation.
 U.S. Dept. Agric. Misc. Publ. 406, 91 pp.
- UHLENBROEK J.H. AND BIJLOO J.D. 1958: Investigations on nematocides. 1. Isolation and structure of a nematocidal principle occurring in Tagetes roots.
 Rec. Trav. Chim. Pays-Bas 77: 1004-1009.
1959. Investigations on nematocides. 11. Structure of a second nematocidal principle isolated from Tagetes roots.
 Rec. Trav. Chim. Pays-Bas 78: 382-390.
- VAN DEN BRANDE J. EN GILLARD A. 1957: Bestrijding van wortelknobbelaaltjes (Meloidogyne spp.) door elektrische bodemverwarming.
 Tuinbouwberichten 21 (4): 63-64.
- 1957a. Versuch zur Züchtung Nematoden-freier Pflanzen auf mit Wurzelgallenälchen (Meloidogyne hapla Chitwood) verseuchten Boden durch Regulierung ökologischer Faktoren (Ökologischer Pflanzenschutz).
 Nematologica 2 (Suppl.): 398-404.
- VAN DER LAAN P.A. EN HUIJSMAN C.A. 1957: Een waarneming over het voorkomen van fysiologische rassen van het aardappelcystenaaltje, welke zich sterk kunnen vermeerderen in resistente nakomelingen van Solanum tuberosum subsp. Andigena.
 Tijdschrift Pl.Ziekt. 63: 365-368.
- VAN DER LINDE et. al. 1956: Gasheer-parasiet-verhoudings van Suid-Afrikaanse Knopwortelaalwurms (Meloidogyne spesies).
 Dept. Landbou-techniese Dienste, Suid Afrika, Wetenskaplike Pamflet nr. 385.
- VAN DER LINDE W.J. 1956: The Meloidogyne problem in South Africa.
 Nematologica 1: 177-183.
- VAN DER VECHT J. AND BERGMAN B. 1952: Studies on the nematode Radopholus oryzae (Van Breda de Haan) Thorne and its influence on the growth of the rice plant.
 Publ. 131: 1-82. Gen. Agr. Research Sta. Bogor, Indonesia.
- VAN GUNDY S.D., STOLZY L.H., SZUSZKIEWICZ T.E., RACKHAM R.L. 1962: Influence of Oxygen Supply on Survival of Plant Parasitic Nematodes in Soil.
 Phytopathology 52 (7): 628-631.

- VIGLIERCHIO DAVID R. 1961.: Attraction of parasitic nematodes by plant root emanations.
Phytopathology 51 (3): 136.
- VIGLIERCHIO D.R. AND LOWNSBERY B.F. 1960: The hatching response of Meloidogyne species to the emanations from roots of germinating tomatoes.
Nematologica 5 (3): 153.
- WALKER J.T. 1960: The effect of hot water at different temperatures on larvae of various species of Meloidogyne.
Phytopathology 50 (9): 658.
1962. The sensitivity of larvae and eggs of Meloidogyne spp. to hot-water treatment.
Nematologica 7 (1): 19.
- WALLACE H.R. 1958: Observations on the emergence of larvae from cysts and the orientation of larvae of three species of the genus Heterodera in the presence of host plant roots.
Nematologica (3): 236-243.
1959. The influence of soil conditions on larval emergence and movement.
Plant Nematology. P.127.
1961. Browning of Chrysanthemum leaves infested with Aphelenchoides ritzenabosi.
Nematologica 6: 7-16.
1961. The nature of resistance in Chrysanthemum varieties to Aphelenchoides ritzenabosi.
Nematologica 6 (1): 49.
- WARD G.M. AND DURKKE A.B. 1956: The peach replant problem in Ontario. III. Amygdalin content of peach tree tissues.
Canadian Journal of Botany. 34 (4): 419-422.
- WIDDOWSON E. 1958.: Potato-root diffusate production.
Nematologica 3 (1): 6.
- WIESER WOLFGANG 1955: The attractiveness of plants to larvae of root-knot nematodes. I. The effect of tomato seedlings and excised roots on Meloidogyne hapla (Chitwood).
Proc. Helm. Soc. Wash. 22 (2): 106.
1956. The attractiveness of roots to larvae of root-knot nematodes II. The effect of excised bean, egg plant and soybean roots on M. hapla Chitwood.
Proc. Helm. Soc. Wash. 23 (1): 59.