PNAAQ 213

931-0614

Proceedings of the Third Research & Planning Conference on Root-Knot Nematodes, Meloidogyne spp.

March 22-26, 1982

Argentina		Paraguay
Chile		Peru
Colombia	REGION II	Uruguay
Ecuador		Venezuela

A Cooperative Publication of the
North Carolina State University Department of Plant Pathology,
Centro Internacional de la Papa,
and
The United States Agency for International Development

For information on the availability of
this publication, write to
Dr. J. N. Sasser, Department of Plant Pathology,
North Carolina State University,
P. O. Box 5397,
Raleigh, NC 27650, U.S.A.

Printed by North Carolina State University Graphics. 1983.

PREFACE

The third research and planning conference on root-knot nematodes for IMP Region II (Fig. 1) was held in Lima, Peru, March 22-26, 1982. It was organized jointly by the Centro Internacional de Papa (CIP) and the International Meloidogyne Project (IMP) headquartered at North Carolina State University, Raleigh, N.C., U.S.A. The Agency for International Development (USAID) funded this cooperative effort through a contract with the latter institution.

The major purpose of the International Meloidogyne Project has been to conduct research that contributes to the development of practicable control measures for use by the small farmer in developing nations. Efforts now concentrate on screening and breeding crop plants for resistance, cropping systems research, and technology transfer. Continued emphasis in these areas is likely to improve crop yields.

Gratitude and appreciation are extended to all conference participants for their dedicated efforts in compiling significant information on root-knot nematodes. Special acknowledgement goes to Dr. Parviz Jatala, Head of the Department of Nematology and Entomology at the International Potato Center, and his staff for organizing this conference and for translating several of the English papers into Spanish. All efforts to make this conference successful and the visit enjoyable are heartily appreciated.

Finally we wish to thank Mrs. Catherine Carter, Research Assistant, for editing and arranging the proceedings and Milly Oldham, Secretary, for typing the master copy.

J. N. Sasser
Principal Investigator

TABLE OF CONTENTS

Page

Preface iii

Overview of the International Meloidogyne Project--Rationale, Goals, Implementation, and Progress to Date
J. N. Sasser and C. C. Carter 1

Reports by Cooperating Scientists on the State of Knowledge Concerning Root-Knot Nematodes in Their Countries

Informe de Chile
H. González Rodríguez. 12

Chilean Report (Abstract)
H. González Rodríguez. 17

Variación Patogenica de Meloidogyne spp. en Base a Trabajos con Hospederos Differenciales Realizados en el Norte de Chile
M. Jiménez R. y P. Gallo D.. 19

Pathogenic Variation of Meloidogyne spp. in Differential Hosts in Northern Chile (Abstract)
M. Jiménez R. y P. Gallo D.. 27

Especies y Razas Fisiologicas de Meloidogyne en Cultivos de Importancia Economica del Departmento de Antioquia (Col.)
M. Escovar, W. Cardona, y R. Navarro Alzate. 29

Identification of Meloidogyne Species in the Department of Antioquia (Colombia) (Abstract)
Rafaél Navarro Alzate. 33

Informe del Peru - 3era. Conferencia del Proyecto Internacional de Meloidogyne
Eleodoro Herrera A.. 36

Report from Peru - Third Conference of the International Meloidogyne Project
Eleodoro Herrera A.. 38

El "Nemátodo del Nudo de la Raíz" en la Costa Norte del Peru
Julia Amaya de Guerra. 40

The Root-Knot Nematode in the Northern Coast of Peru (Abstract)
Julia Amaya de Guerra. 46

Page

Informe Sobre la Labor Desarrollada y los Avances Logrados en la Investigación del Proyecto IMP en la Argentina
Miguel A. Costilla 48

Report on the Investigations and Results Obtained in Argentina for the International Meloidogyne Project (IMP) (Abstract)
Miguel A. Costilla 60

Estado Actual de las Investigaciones Sobre Meloidogyne spp.
Graciela M. de Sisler. 62

Report of the On-going Investigations on Meloidogyne spp. (Abstract)
Graciela M. de Sisler. 65

Observaciones Sobre la Situación del "Nemátodo del Nudo" Meloidogyne sp. en la Sierra y Oriente Ecuatorianos
Mario Défaz. 66

Variación de Poblaciones de Nemátodos Parasitos Mediante la Rotación de Cultivos en la parte baja de la E. E. Sta. Catalina
Mario Défaz. 72

Evaluación de la Resistencia de Germoplasma de Tomate (Lycopersicon esculentum) al "Nemátodo Del Nudo" (Meloidogyne spp.)
Mario Déf[illegible] 74

Avances de Investigación Sobre el Género Meloidogyne en Ecuador
R. Eguiguren 77

Influencia de dos Niveles de: Riego, Fertilización y Combate Químico Sobre la Dinamica Poblacional de Meloidogyne incognita Chitwood, en dos Variedades de Tomate
J. Revelo, S. Gowen, y H. Orellana 91

Progress Reports of Research Completed at the Project Center

Panorama General de la Taxonomía del Nemátodo del Nudo de la Raíz y Nemátodos del Quiste con Enfasis en el Género Meloidogyne
Hedwig H. Triantaphyllou 93

Page

An Overview of the Taxonomy of the Root-Knot and Cyst Nematodes With Emphasis on the Genus Meloidogyne
Hedwig H. Triantaphyllou 101

Importancia Relativa y Frecuencia de Ocurrencia de Varias Especies, Variación Patogenica y Razas
J. N. Sasser 109

Relative Importance and Frequency of Occurrence of the Various Species, Pathogenic Variation and Host Races
J. N. Sasser 111

Caracteres Morfologicos Usados en la Identificación de Especies de Meloidogyne
J. D. Eisenback. 113

Morphological Characters Useful in the Identification of Meloidogyne Species
J. D. Eisenback. 116

Estudios Citogenéticos y Bioquímicos Como Ayuda Para la Identificación
A. C. Triantaphyllou 119

Cytogenetic and Biochemical Studies as an Aid to Identification
A. C. Triantaphyllou 121

Prueba Diferencial de Hospederos - Objectivos y Limitaciones
J. N. Sasser 123

Differential Host Test--Purpose and Limitations
J. N. Sasser 126

Técnica Para Tinción con Floxine B de Masas de Huevos de Nemátodos del Nudo de la Raíz
Kerrick Hartman. 128

Enhancement Technique for Egg Masses of the Root-Knot Nematode with Phloxine B
Kerrick Hartman. 130

Breeding for Resistance and Cropping Systems Research

Mejoramiento de Papa por Resistencia al Nemátodo del Nudo, Meloidogyne incognita
H. A. Mendoza y P. Jatala. 131

Breeding of Potato for Resistance to Root-Knot Nematode, Meloidogyne incognita
H. A. Mendoza y P. Jatala. 143

Page

La Naturaleza de la Resistencia a *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White 1919) Chitwood 1949
Manuel Canto-Saenz 154

The Nature of Resistance to *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White 1919) Chitwood 1949
Manuel Canto-Saenz 160

Screening of Bean Cultivars and Lines for Resistance to *Meloidogyne incognita* in Lambayeque, Peru
Enrique Cabanillas 166

Evaluación de Resistencia de Cultivares y Lineas de Fríjol a *Meloidogyne incognita* en Lambayeque, Peru (Resumen)
Enrique Cabanillas 172

Effectos de Sistemas de Cultivo en el Control del Nemátodo del Nudo de la Raíz
S. A. Raymundo 173

Effects of Cropping Systems on the Control of Root-Knot Nematodes
S. A. Raymundo 191

Control Biologico con el Hongo *Paecilomyces lilacinus* - Logros actuales y posibilidades de investigación colaborativa entre el CIP y los colaboradores del IMP
Parviz Jatala. 209

Biological Control with the Fungus *Paecilomyces lilacinus* - Progress to date and possibilities for collaborative research between CIP and IMP collaborators
Parviz Jatala. 214

Reports From Work Committees

Grupo de Discussión Sobre Desarrollo de Cultivares Resistentes
M. Canto-Saenz, E. Herrera, J. Amaya de Guerra, E. Cabanillas, y H. Gonzales. 219

Discussion Group about the Development of Resistant Cultivars
M. Canto-Saenz, E. Herrera, J. Amaya de Guerra, E. Cabanillas, and H. Gonzales. 221

Evaluación de Sistemas de Cultivos - Recomendaciones
P. Gallo D., M. O. Jiménez, y M. A. Costilla 223

Crop System Evaluation - Recommendations
P. Gallo D., M. O. Jiménez, and M. A. Costilla 225

Page

Transferencia de Tecnología - Region II: America del Sur
G. de Sisler y R. Navarro Alzate 226

Technology Transfer - Region II: South America
G. de Sisler and R. Navarro Alzate 227

Photographs 228

OVERVIEW OF THE INTERNATIONAL MELOIDOGYNE PROJECT -- RATIONALE, GOALS, IMPLEMENTATION, AND PROGRESS TO DATE

J. N. Sasser and C. C. Carter*

One of the greatest challenges facing today's world is the feeding of an ever-increasing population. Low agricultural productivity in developing nations and inadequate means of food distribution contribute greatly to this problem. Factors responsible for minimal productivity include low-yielding varieties, poor soil fertility, and inadequate pest management practices, to name a few. Clearly, if world hunger is to be alleviated, such obstacles must be tackled systematically.

One of the most important pests limiting agricultural productivity is the root-knot nematode Meloidogyne species. Almost all of the plants that account for the majority of the world's food supply are susceptible to infection. In areas where root-knot nematodes are not controlled, average crop yield losses are likely to be in the neighborhood of 25%, with damage in individual fields ranging as high as 60%.

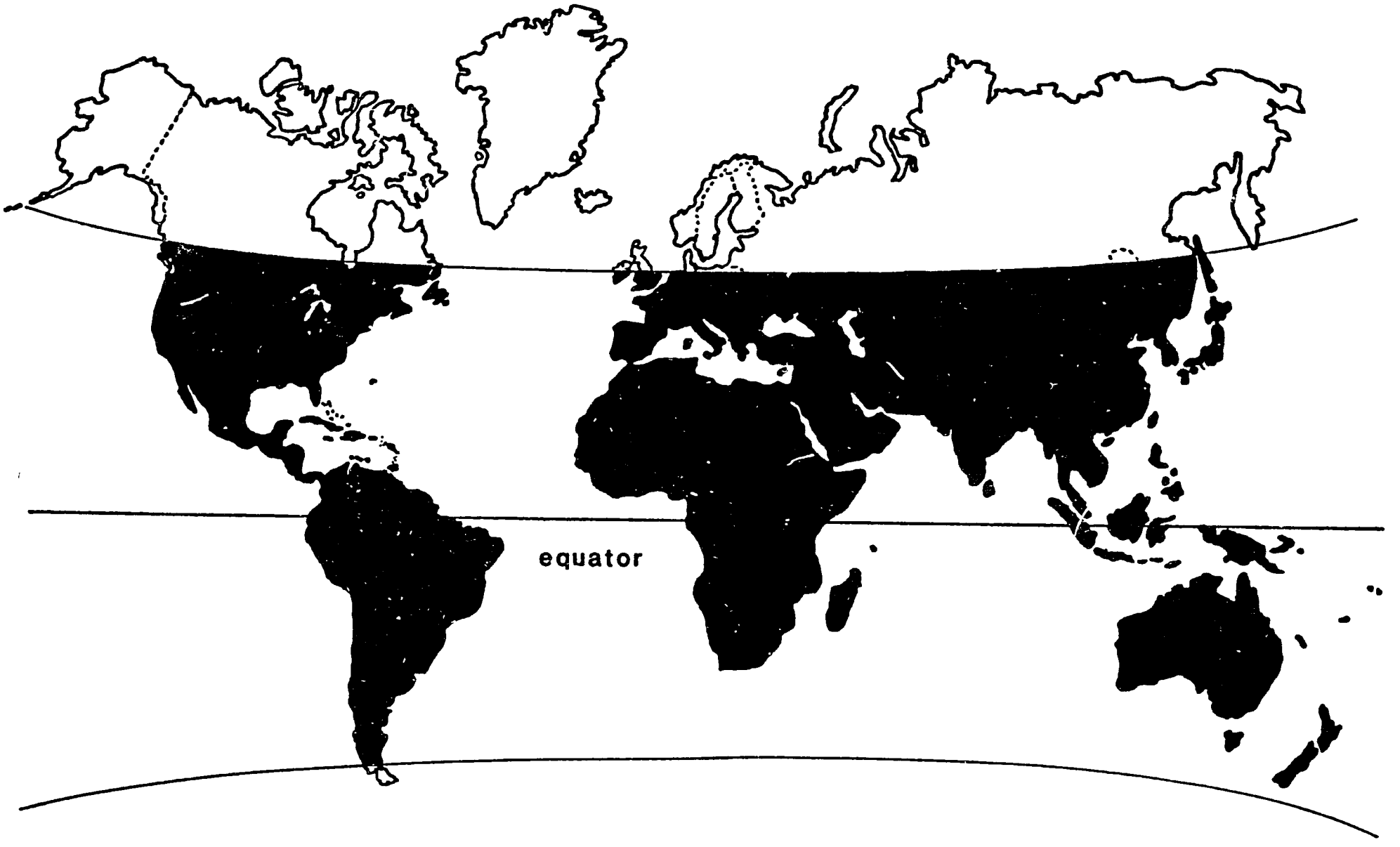
Because root-knot nematodes occur throughout most of the world (Fig. 1), infect all major crop plants, and cause substantial reduction in crop yield and quality, scientists at North Carolina State University decided to initiate a worldwide investigation of the problem. In July of 1975, a grant from the United States Agency for International Development made this endeavor possible and led to the formation of the International Meloidogyne Project headquartered at North Carolina State University (NCSU) in Raleigh.

The rationale for Project formation was based on four major premises: 1) the recognition of root-knot nematodes as major world pathogens of food and fiber crops, 2) the necessity of an international approach to the problem, 3) the availability of a network of trained research personnel, and 4) the relevance of this area of research to North Carolina agriculture. The departments of plant pathology, genetics, statistics, and soil science at NCSU, as well as the N.C.

---

*Principal Investigator, IMP, and Research Assistant, North Carolina State University, respectively.

Figure 1. Approximate distribution of root-knot nematodes.



Agronomic Division cooperate in Project research. Scientists and support staff from these departments work with scientists overseas through regional conferences, personal visits to their home countries and other contacts. These cooperative efforts are mutually advantageous, and the success of the Project is dependent upon the combined efforts of all involved. From this broad academic and geographic base, the Project approaches the problem of world hunger through the study of root-knot nematodes, Meloidogyne species.

Root-knot nematodes are microscopic roundworms which live in the soil and in plant roots. Juveniles and males are slender and threadlike; females are more globular. These nematodes are barely visible to the unaided eye, and the adult female is smaller than the head of a pin. Due to their tiny size and protective habitat, root-knot nematodes remained undiscovered until the mid-19th century, even though the galls they cause are quite visible. In some developing countries, root-knot nematode infection is so common and widespread that galled roots are considered "normal." In such cases, it is not uncommon for poor stands or yields to be attributed to vague agricultural ailments such as "worn out land" or "soil exhaustion."

Because root-knot nematodes limit agricultural production to some degree in all countries, the International Meloidogyne Project has enlisted the assistance of more than 100 nematologists associated with universities and research institutes around the world and has grouped them into 8 geographical regions. Regional conferences are conducted periodically in each of these regions for the purpose of planning research objectives and approaches.

The main goal of the Project is to assist developing nations in increasing yields of economic food crops. This objective is accomplished by promoting knowledge about the world's most important group of plant-parasitic nematodes and by protecting crops from the damaging effects of these nematodes. To accomplish these goals, seven major areas of research have been emphasized: the North Carolina differential host test, Meloidogyne morphology, reproductive characters and cytogenetics, biochemistry, ecology, management, and technology transfer.

Root-Knot Nematode Germplasm Collection

Project research in these areas would be impossible were it not for the nematode germplasm collection established and maintained at North Carolina State University. This collection is the result of extensive sampling by Project cooperators. Root-knot nematode egg masses are collected from infected plants all over the world and sent in saline solution to the Project Center. There, they are used to inoculate seedlings of 'Rutgers' tomato, a highly susceptible host of root-knot nematodes. The nematode population increases rapidly on this host and can be maintained indefinitely by periodic inoculation of new 'Rutgers' seedlings with root-knot nematode eggs.

North Carolina Differential Host Test (2)

Each population of nematodes received is subjected to the North Carolina differential host test. This test involves the inoculation of six standard host plants: cotton cv. 'Deltapine,' tobacco cv. 'NC 95,' pepper cv. 'California Wonder,' watermelon cv. 'Charleston Grey,' peanut cv. 'Florunner,' and tomato cv. 'Rutgers.' On the basis of host susceptibility (indicated by +) or resistance (indicated by -), pure populations of the four major species--*M. incognita*, *M. javanica*, *M. arenaria*, and *M. hapla*--can be easily distinguished (Table 1). Susceptibility and resistance are based on the average egg mass and root gall indices of three replications of the host test.

The four major species account for more than 95% of the root-knot nematodes received from agricultural soils. Therefore, most pure sample populations encountered by the Project can be reliably identified by means of the North Carolina differential host test. Work completed so far has led to the recognition of multiple host races for *M. incognita* and *M. arenaria*.

Morphology (1)

Identification techniques, other than the North Carolina differential host test, are necessary to detect and verify mixed populations and/or rare species. For this reason, much taxonomic research on *Meloidogyne* species is focused on distinctive morphological characters. Such characters include: the perineal pattern--which is an external, fingerprint-like series of markings in the anal region of the adult female; male head shape; and stylet morphology.

Table 1. North Carolina Differential Host Test Reaction Chart

Meloidogyne Species & Race	Differential Host Plants: Cotton Deltapine 16	Tobacco NC 95	Pepper California Wonder	Watermelon Charleston Grey	Peanut Florunner	Tomato Rutgers
M. incognita						
race 1	$\boxed{-}$*	$\boxed{-}$	+	+	-	+
race 2	$\boxed{-}$	$\boxed{+}$	+	+	-	+
race 3	$\boxed{+}$	$\boxed{-}$	+	+	-	+
race 4	$\boxed{+}$	$\boxed{+}$	+	+	-	+
M. javanica	-	+	$\boxed{-}$	+	-	+
M. arenaria						
race 1	-	+	+	+	$\boxed{+}$	+
race 2	-	+	-	+	$\boxed{-}$	+
M. hapla	-	+	+	$\boxed{-}$	$\boxed{+}$	+

*Box indicates key differential host plants.

Under a scanning electron microscope, minute morphological details can be thoroughly examined. However, scanning electron microscopes are expensive, and most nematologists do not have access to one. Therefore, in practical terms, only those features also visible under a light microscope will prove useful in the routine process of nematode identification.

Reproductive and Cytological Characters

Reproductive and cytogenetic characters are also being studied for use in root-knot nematode identification. Mode of reproduction and chromosome number show much promise as identifying characters (4). Some species reproduce only by cross-fertilization; other species reproduce by parthenogenesis, that is without fertilization (mitotic parthenogenesis). Still other species can reproduce with or without fertilization (facultative, meiotic parthenogenesis).

Races of some of the more common Meloidogyne species have been identified on the basis of chromosome number and mode of reproduction (Table 2). These races are called cytogenetic races and are designated by letters such as "A" or "B," instead of by numbers, in order to distinguish them from host races.

Biochemistry

Biochemical differences among species, that is, in protein and enzyme content, are also being investigated. Major bands of esterase activity have been found to be noticeably different among the four major species (1). Other distinct isozyme patterns are being studied and show much promise for use as identifying characters.

Ecology

In addition to taxonomic research, the project also conducts ecological studies. Once nematode populations are identified at the Project Center in Raleigh, the soil samples and ecological data which accompany each sample are analyzed. This information is then used to characterize the geographical distribution of Meloidogyne species by host range, temperature, precipitation, soil characteristics, and other ecological characters.

Preliminary findings (3) indicate that M. incognita, M. javanica, and M. arenaria inhabit areas with average annual temperatures between 15 and 33° C. M. hapla, on the other hand, occurs more frequently in

Table 2. Chromosome Numbers and Modes of Reproduction of the Four Major *Meloidogyne* Species

Meloidogyne Species & Cytological Race	Range of Chromosome Numbers	Mode of Reproduction
M. incognita		
race A	40-46	mitotic parthenogenesis
race B	32-36	mitotic parthenogenesis
M. javanica	42-48	mitotic parthenogenesis
M. arenaria		
race A	54 (50-56)	mitotic parthenogenesis
race B	34-37	mitotic parthenogenesis
M. hapla		
race A	14-17	facultative meiotic parthenogenesis
race B	30-32, 43, 45, 48	mitotic parthenogenesis

areas with average annual temperatures of less than 15° C. In areas of low rainfall, M. incognita and M. javanica appear to be prevalent species. In general, root-knot nematodes most frequently occur in soils with less than 10% clay, less than 30% silt, and at least 60% sand. Basically, however, root-knot nematodes can occur anywhere host plants grow.

Management

The current emphasis in IMP research is management of root-knot nematodes. Earlier studies concerning general biology and identification of Meloidogyne species have proven to be valuable prerequisites for research into management practices. Research efforts are concentrating on five aspects of root-knot nematode management: host resistance, cropping systems, chemical control, biological control, and integrated crop protection systems.

Host resistance. Much of the screening and evaluation of cultivars for resistance is being done in cooperation with International Agriculture Research Centers (IARC's). Some of these centers and the crops on which cooperative work is being done appear in Table 3. Individual cooperators are also involved in screening for resistance. Some crops being studied include: cowpea in Nigeria; tomato in Nepal; and tomato, eggplant, bean, pepper, lettuce, cucumber, cabbage and radish in the Philippines.

Cropping systems. Cropping systems research helps pinpoint crops or other plants which prevent increases in Meloidogyne populations. These plants can then be incorporated into cropping sequences or crop rotation schemes. Cropping sequences for each region are analyzed to determine those which most effectively control root-knot nematodes and thereby increase yields.

Chemical control. Investigations into chemical control include tests for nematicide efficacy, and determination of application rates. In developing countries, however, nematicides often cannot be incorporated into control programs. The chemicals may be too expensive or application equipment may not be available. Even so, nematicide tests can serve a very useful purpose by demonstrating to farmers the benefits to be derived from effective nematode control.

Table 3. Cooperating Research Centers & the Major Crops Being Tested for Root-knot Nematode Resistance

Research Center	Crops
Centro Internacional de la Papa (CIP)	potato
Asian Vegetable Research & Development Center (AVRDC)	Chinese cabbage, tomato
International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT)	pigeon pea, chickpea
International Institute of Tropical Agriculture (IITA)	cowpea
Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT)	bean
Centro Internacional de Mejoramiento de Maiz y Trigo (CIMMYT)	maize, wheat

Biological control. Research into biological control of root-knot nematodes is being conducted in Peru and at the Project Center at North Carolina State University. The fungus *Paecilomyces lilacinus* occurs naturally in many soils. However, a particularly pathogenic isolate from soils in the Andes mountains has been found to control *Meloidogyne* populations. The fungus penetrates the nematode eggs, thus destroying the embryo and preventing hatch. Under experimental conditions, introduced fungal inoculum has persisted in the soil in spite of fungicide and nematicide applications. Additional tests on its performance are being conducted under a wide range of conditions.

Integrated crop protection systems. The eventual goal of root-knot nematode management studies is increased crop production, particularly food crop production, and development of integrated crop protection systems is a step in this direction. These systems will utilize the best combinations of resistant cultivars, crop rotation, nematicides, biological control agents, and sanitary and cultural practices. In this way, a broader spectrum of pests can be managed simultaneously.

Technology Transfer

Through the process of technology transfer, current research has already begun to focus on development of management strategies for root-knot nematodes. Basic information on *Meloidogyne* biology, ecology, and methodology is being made available to Project cooperators in developing countries, so they can develop management strategies suited to their particular agricultural situations. The publication of books, conference proceedings, journal articles, slide sets, and posters are all part of this effort. Research personnel are kept up to date by means of conferences and field and laboratory training sessions. As a result of the Project's investigations, nematode research capabilities in developing countries are continually advancing.

Summary

In summary, the International *Meloidogyne* Project has accomplished several of its objectives. These include: 1) the promotion of awareness concerning the importance of root-knot nematodes in developing nations;

2) survey of the distribution, frequency and relative importance of Meloidogyne species and races infesting agricultural soils; 3) the discovery and description of new species; 4) the discovery of new and more reliable characters for identification; 5) clarification of phyletic relationships on the basis of cytogenetic and biochemical characteristics; 6) the elucidation of ecological factors affecting survival, distribution, and pathogenicity, and 7) the enhancement of research capabilities in developing nations through conferences, publications, and field and laboratory training sessions.

These accomplishments, along with increased communication and cooperation among nematologists throughout the world, are bringing the ultimate goal of increased food production in developing countries closer and closer to reality.

Literature Cited

1. Eisenback, J. D., H. Hirschmann, J. N. Sasser, and A. C. Triantaphyllou. 1981. A guide to the four most common species of root-knot nematodes (Meloidogyne species) with a pictorial key. A Cooperative Publication of The Departments of Plant Pathology and Genetics, North Carolina State University, and The United States Agency for International Development. Raleigh, N.C. 48 pp.
2. Taylor, A. L. and J. N. Sasser. 1978. Biology, identification and control of root-knot nematodes (Meloidogyne species). A Cooperative Publication of The Department of Plant Pathology, North Carolina State University, and The United States Agency for International Development. Raleigh, N.C. 111 pp.
3. Taylor, A. L., J. N. Sasser, and L. A. Nelson. 1982. Relationship of climate and soil characteristics to geographical distribution of Meloidogyne species in agricultural soils. A Cooperative Publication of The Department of Plant Pathology, North Carolina State University, and The United States Agency for International Development. Raleigh, N.C. (In press).
4. Triantaphyllou, A. C. 1979. Cytogenetics of root-knot nematodes, pp. 85-109 In Root-knot Nematodes (Meloidogyne Species) Systematics, Biology and Control, eds. Lamberti and Taylor. Academic Press, New York. 477 pp.

INFORME DE CHILE
3º REUNION INTERNACIONAL PROYECTO MELOIDOGYNE

Héctor González Rodríguez*

Importancia del Meloidogyne en Chile

El "nematodo de la raíz," Meloidogyne, tiene una amplia distribución en el país y posee una enorme gama de plantas huéspedes entre las que sobresalen principalmente: tomate, papa, zanahoria, alfalfa, remolacha, pepino, trébol, árboles frutales, viveros forestales, vides, etc., lo que hace que sea un grupo de verdadera importancia económica.

En la zona Norte (Arica por ejemplo) es frecuente encontrarlo en alfalfa, tomate y papas. En terrenos vecinos a la ciudad de Antofagasta, se suele encontrar sobre claveles, coles, betarraga, acelga, zanahoria y otras plantas de cultivo.

En Copiapó y Coquimbo, la alfalfa, papa, tomate, pepino, papayo, duraznero y vides, se destacan entre los huéspedes más importantes; incluyendo la salvia y la lavanda.

De Aconcagua al Sur, el número de plantas huéspedes se amplía notablemente incorporando a la vid, algunos frutales (almendro, ciruelo, kiwi, nogal, duraznero), remolacha, tabaco, zanahoria, frejol, trigo y otros cultivos.

Especies de Meloidogyne Más Predominantes en Chile

Entre ellas destacan: Meloidogyne incognita
Meloidogyne arenaria
Meloidogyne hapla
Meloidogyne javanica
Meloidogyne naasi

Principales Especies Afectadas por Meloidogyne en Chile

Nombre Vulgar	Nombre Científico
Ají	Capsicum annum
Almendro	Prunus amigdalus
Alfalfa	Medicago sativa
Apio	Apium graveolensis

*Ingeniero Agrónomo, Nematólogo, Est. Exp. La Platina, Instituto Investigaciones Agropecuarias.

Nombre Vulgar	Nombre Cientifico
Ballica	*Lolium perenne*
Betarraga	*Beta vulgaris* var. Cicla
Ciruelo	*Prunus myrobalan*
Clavel	*Dianthus caryophillus*
Coliflor	*Brassica oleraceae* var. botrytis
Duraznero	*Prunus persica*
Frejol	*Phaseolus vulgaris*
Kiwi	*Actinidia chinensis*
Lavanda	*Lavandula spica*
Lechuga	*Lactuca sativa*
Maní	*Arachis hypogeae*
Melón	*Cucumis melo*
Papa	*Solanum tuberosum*
Pasto ovillo	*Dactylis glomerata*
Papayo	*Carica candamarcensis*
Pepino	*Cucumis sativus*
Rábano	*Raphanus sativus*
Repollo	*Brassica oleracea* var. capitata
Remolacha azucarera	*Beta vulgaris*
Rosa	*Rosa* sp.
Salvia	*Salvia officinalis*
Sandía	*Citrullus vulgaris*
Tabaco	*Nicotiana tabacum*
Tomate	*Lycopersicon esculentum*
Trigo	*Triticum aestivum*
Trébol rosado	*Trifolium pratense*
Vid	*Vitis vinifera*
Zanahoria	*Daucus carota*
Zapallo	*Cucurbita maxima*

Investigación que se Está Realizando en Chile y Resultados Obtenidos

Las investigaciones que se están realizando actualmente comprenden:

Situación nematológica en viveros frutales de Chile, con especial énfasis en problemas de Meloidogyne. A través de numerosas prospecciones y análisis de Laboratorio realizados por el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), a lo largo de viveros frutales, se ha constatado

la presencia de numerosos géneros y/o especies de nemátodos tanto ecto como endoparásitos, asociados a una gran variedad de plantas frutales, incluyendo vides, las cuales muestran ciertos síntomas que van desde un menor vigor y desarrollo de las plantas, presencia de raíces con nódulos, agallas, lesiones, necrosis y otros daños que conducen a una menor producción del cultivo, una vez establecido. Los problemas más serios producidos en el vivero, se deben generalmente a la presencia de M. incognita, la especie más prevalente y dañina en el país.

Evaluación de diferentes portainjertos de frutales y vides frente a M. incognita. En este estudio se evalúa el comportamiento y reacción de diferentes portainjertos de almendros, ciruelos, guindos, cerezos, durazneros, nogales y vides frente a M. incognita.

Interacciones entre nematodos del género Meloidogyne y otros microorganismos. Conjuntamente con las observaciones realizadas para determinar Meloidogyne en una serie de cultivos, se ha evaluado el material vegetal para observar la presencia de otros patógenos.

Es así, como en frutales y vides, se ha constatado una asociación frecuente entre M. incognita y Agrobacterium tumefasciens, Pythium y Rhizoctonia. Lo mismo se ha observado en cultivos anuales, como claveles, pepinos, frejol y otros.

Comportamiento y reacción de diferentes portainjertos de vid frente al "nemátodo de la raíz" (M. incognita). Este estudio se realiza tanto en condiciones de invernadero como en el campo. Se han utilizado los patrones: LN-33, Mission, Pais, AxR1, 3309, 99-R, Saint George, 1616 y 1613. Sobre ellos se han injertado las variedades Semillón, Sauvignon y Cabernet-Sauvignon. Resultados preliminares indican que los mejores portainjertos han sido 3309, 99-R, 1616 y 1613, en su comportamiento frente a nemátodos, especialmente Meloidogyne.

Rotación cultural en el control de Meloidogyne. Debido a que este género es muy polífago, se ha ensayado el comportamiento de plantas gramíneas (maiz, trigo) en la reducción de este fitoparásito. Se ha comprobado, que al cabo de 2 temporadas las poblaciones de Meloidogyne disminuyen al mínimo su nivel de infestación, en contraposición al género Pratylenchus que aumenta en niveles severos de infestación.

Control químico de Meloidogyne en vivero de duraznero y nogales. Se han utilizado los nematicidas Furadan 5% G (50-100 kg/ha) y Temik

10% G (10 y 20 kg/ha). Los productos se han aplicado en plántulas de 15 cm de altura incorporando el producto y regando. Se ha observado una gran diferencia en altura y perímetro de las plantas que han recibido un tratamiento con nematicida en comparación al testigo sin tratar. Destaca el tratamiento de Temik 10% G en dosis de 20 kg/ha. No se han observado efectos fitotóxicos en las plantas tratadas con los nematicidas.

Control químico de Meloidogyne en vivero de vides. Se han aplicado los nematicidas Furadan (50-100 kg/ha) y Temik (10 y 20 kg/ha) y en diferentes variedades de vides comerciales (Cabernet, Sultanina, Torontel, Ribier, Rosada). Destaca la efectividad de Temik 10% G en dosis de 20 kg/ha en el control y reducción de las poblaciones de nemátodos, especialmente Meloidogyne, como asimismo en la altura y crecimiento de las plantas. No se han producido efectos fitotóxicos de los nematicidas, en las diferentes variedades en estudio.

Efecto de diferentes nematicidas aplicados de preplantación en un viñedo Cabernet. Se han aplicado de preplantación los nematicidas DD (750 - 1.500 L/ha), Furadan 5% G (100-200 kg/ha), Nemagon 75% EC (70-140 L/ha), Temik 10% G (40-80 kg/ha). Se presentan resultados sobre el control de nemátodos, peso de poda, perímetro y producción, obtenidos en un viñedo Cabernet.

Control químico de nemátodos en post plantación, en cuarteles de vides Semillón injertado sobre Pais, Cabernet y 1613. Se han utilizado los nematicidas Furadan 5% G (100-200 kg/ha), Nemagon 75% EC (70-140 L/ha), Agricur P (300-600 kg/ha), los cuales se aplicaron en sectores que además presentaban infestaciones severas con Margarodes vitis. Los mejores resultados se obtuvieron con los nematicidas Furadan y Nemagon. No se observaron efectos perjudiciales o fitotóxicos en las plantas de vides con tratamiento.

Empleo del Temik (10% G) aplicado en distintas dosis en viñedos y parronales afectados por nemátodos. Se ha utilizado el Temik 10% G en dosis de 20-30-40-50 kg/ha aplicado sobre parronales y viñedos de diferentes variedades. Se presentan antecedentes sobre el % de control de nemátodos, peso de poda, perímetro y producción obtenida en los diferentes tratamientos en estudio. Esta investigación se está realizando en diferentes zonas vitícolas del país.

Referente a la búsqueda de germoplasma y uso de fuentes de resistencia en mejoramiento, nuestro Instituto no cuenta en su línea de investigación con estos aspectos, a excepción de la introducción de material resistente a Meloidogyne, como frutales, vides, tomates. Por el momento, se está evaluando material vegetal correspondiente a portainjertos de vides, duraznero (Nemaguard), y líneas de tomates.

En relación al control cultural, por el momento no se tiene nada planificado a futuro.

En cuanto al control químico, se proseguirá a futuro, con el empleo de otros nematicidas modernos.

Publicaciones

Se presenta una lista general de publicaciones relacionadas, principalmente con Meloidogyne.

1. Gonzalez, H. 1968. Los nemátodos en la Agricultura Nacional. Agric. Técnica (Chile) 28(3):93-103.

2. Gonzalez, H. 1970. Nuevas especies de nemátodos que atacan a la vid en Chile. Agric. Técnica (Chile) 30(1):31-37.

3. Gonzalez, H. 1968. Nematicidas hacen posible un control eficiente de nemátodos. Investigación y Progreso Agrícola (Chile) Vol. 2: 26-27.

4. Gonzalez, H. 1970. Es en los viveros donde hay que detener el avance de los nemátodos. Investigación y Progreso Agrícola. Vol. 3. 1969, y Boletín Agrícola Shell, año XXIX Nº 3. Sept., Oct., Nov., Dic.

5. Gonzalez, H. 1970. Control químico de nemátodos en viñedos en Chile. Simiente Vol. 40 (Nº 1-2):8-11.

6. Gonzalez, H. 1970. Nematode situation in Chile. Nematologist News. European Society of Nematologist Nº 18. Julio 1970.

7. Gonzalez, H., I. Muñoz, y J. Valenzuela. 1972. Efecto de nemacidas de preplantación en el control de nematodos fitoparásitos en viveros de vides. Agric. Técnica (Chile) 32(4):201-205.

8. Gonzalez, H., I. Muñoz, y J. Valenzuela. 1972. Efecto de una aplicación de nematicidas sobre el control y variación poblacional de nemátodos en viveros de vides. Investigación y Progreso Agrícola 4:14-15.

9. Gonzalez, H. 1973. Toma de muestras de suelo y planta para determinar la presencia de nemátodos fitoparásitos. Depto. Frutales, Viñas y Hortalizas. Estación Experimental La Platina. Hojas divulgativas.

10. Gonzalez, H. y P. Accatino. 1974. Estudio preliminar del comportamiento y reacción de diferentes variedades de papas frente al "Nemátodo de la raíz." (Meloidogyne incognita acrita) Chitwood 1949. Agric. Técnica (Chile) 34(3):177-181.

11. Gonzalez, H. 1981. Controle los nemátodos en viñedos y parronales. Investigación y Progreso Agrícola, La Platina Nº 6:17-21.

12. Gonzalez, H. y A. Guinez. 1981. Análisis nematológico muestreo de suelo y planta. Investigación y Progreso Agrícola, La Platina Nº 6:45-47.

13. Gonzalez, H. 1981. El kiwi, un nuevo huésped de Meloidogyne en Chile. Investigación y Progreso Agrícola, La Platina Nº 7:39.

14. Gonzalez, H. 1981. Nemátodos en viveros frutales y de vides. Investigación y Progreso Agrícola, La Platina Nº 8:25-27.

ABSTRACT

THIRD INTERNATIONAL MELOIDOGYNE PROJECT - CHILEAN REPORT

Several Meloidogyne species are affecting cultivated plants in Chile. M. incognita, M. hapla, M. arenaria, M. javanica, and M. naasi are the most predominant, M. incognita being the most pathogenic. M. incognita is commonly found associated with Agrobacterium, Pythium and Rhizoctonia in fruit trees (almond, peach, grape) and in annual crops such as tomato, bean, and carnation.

Several surveys through the nurseries in Chile have detected different degrees of infestation in young trees and grapes. Rootstock

resistance or tolerance is being evaluated constantly under different cultural conditions. Grape rootstocks are being evaluated alone and grafted with fine wine grape varieties.

Cultural rotations using grain crops such as wheat and corn have helped in reducing the Meloidogyne populations in the soil, but Pratylenchus has increased significantly.

Effective chemical control has been obtained both in fruit tree nurseries and in commerical orchards and vineyards with Furadan 5% G and Temik 10% G. A study of the costs and benefits of the different nematicides used in Chile is presented.

A list of publications concerned with root-knot nematodes is enclosed.

VARIACION PATOGENICA DE MELOIDOGYNE SPP. EN BASE A TRABAJOS CON HOSPEDEROS DIFFERENCIALES REALIZADOS EN EL NORTE DE CHILE

Mauricio Jiménez R. y Pedro Gallo D.*

Introduccion

Debido a la gran incidencia económica que tiene sobre diferentes cultivos el ataque de nemátodos cecidógenos en la 1a. Región de nuestro País, la Universidad del Norte, sede Arica a través de su Departamento de Agricultura tomó contacto en el mes de Junio de 1978 con el Investigador principal del Proyecto Internacional Meloidogyne spp. que funciona bajo el liderazgo de la Universidad de Carolina del Norte en Raleigh, (USA) y el patrocinio de la Agencia para el desarrollo Internacional del Gobierno Norteamericano (USAID).

El Proyecto en sí es una Investigación sobre sistemas integrados de sanidad vegetal para el control del nemátodo de la nudosidad de la raíz, Meloidogyne spp. asociado con cultivos alimenticios de importancia económica en países en desarrollo.

Además del laboratorio central con sede en la NCSU este esfuerzo internacional incluye en una investigación cooperativa a científicos de 40 a 60 países extranjeros trabajando organizadamente en ocho regionales.

La especialidad de Nematología Agrícola de la UNA en esta forma quedó oficialmente integrada al Proyecto Internacional en la Regional II (Sud-América).

Los principales objetivos del IMP son determinar las especies y biotipos del nemátodo de la nudosidad radicular presentes en las áreas geográficas incluídas en el Proyecto.

Determinar la susceptibilidad y/o resistencia de los cultivos de subsistencia más cultivados en las regiones en las cuales el nemátodo de la nudosidad de la raíz está presente.

Y un tercer objetivo del Proyecto es establecer un banco de información sobre cultivares que demuestren resistencia a una o varias especies de Meloidogyne que se identifiquen en las áreas del Proyecto.

---

*Académicos de la Universidad de Tarapacá, Arica, Chile

El presente trabajo da a conocer los primeros resultados obtenidos en los estudios realizados con hospederos diferenciales en el Norte de Chile.

Estos estudios permitirán conocer la predominancia especifica y para posteriormente tomar medidas de control tanto genético como químico.

Revision De La Literatura

Sasser (2) señala en 1979 que los nemátodos cecidógenos del género Meloidogyne spp. constituyen un grupo importante de nemátodos patógenos de las plantas cultivadas afectándolas en sus niveles de producción en forma importante.

Su distribución mundial, su amplio rango de hospederos y su relación con enfermedades fungosas y bacterianas los ubican dentro de los cinco patógenos más importantes de plantas afectando en esta forma el abastecimiento de alimentos en el mundo.

Taylor et al. (3) en 1978 establece que hace un siglo atrás en el mes de Agosto de 1877, Jobert (1878) haciendo observaciones sobre cafeto afectado por una enfermedad en la Provincia de Río de Janeiro en Brasil, encontró raíces con numerosas agallas o nudosidades, algunas ubicadas en la región terminal de las raíces y otras en el axis, encontrándose muy pocas en las raíces laterales.

Diez años después según el mismo autor (op. cit.) Goldi en 1887 investigó el mismo problema y publicó un trabajo de 105 páginas sobre las enfermedades del cafeto. Este investigador determinó al nemátodo cecidógeno Meloidogyne exigua como el causante de la enfermedad y como la especie tipo de un nuevo género.

Más tarde las especies y el género fueron sinonimia primero con Heterodera radicicola y después con Heterodera marioni.

Chitwood en 1949, según el mismo autor (op. cit.) describió y redescribió las cuatro especies más comunes y más ampliamente distribuídas en el mundo del género, que son M. incognita, M. javanica, M. arenaria y M. hapla.

El importante trabajo realizado por Chitwood fué publicado en una época en que justamente los productos nematicidas eran desarrollados y se estaban probando sus efectos en los campos experimentales.

El resultado de estos experimentos corroboró lo supuesto en el sentido de que los nemátodos del género Meloidogyne y otros nemátodos

eran parásitos de las plantas de gran importancia económica, y su control a menudo se veía reflejado en grandes aumentos en las cosechas.

Desde el nacimiento o puesta en marcha de Proyecto Internacional Meloidogyne grandes avances se han logrado en el conocimiento y control de las especies de este género de nemátodos.

Jiménez en 1979 (1) da a conocer una completa revisión bibliográfica sobre detecciones y estudios realizados en Chile sobre Meloidogyne spp.

El mismo autor op. cit., señala que la distribución geográfica conocida del nemátodo cecidógeno en la primera región del país es amplia y va desde los Valles costeros hasta los 3.200 m.s.n.m.

En cuanto a hospederos han sido determinados en la la. Región M. incognita, seis para M. javanica, once para M. thamesii, uno para M. hapla, uno para M. arenaria.

El test de hospederos diferenciales desarrollado por el Proyecto Internacional se utiliza para identificar las especies de Meloidogyne más ampliamente distribuídas en el mundo así como también las razas determinadas dentro de cada especie a saber: M. incognita con 4 razas, M. arenaria con 2 razas, M. javanica y M. hapla.

El test en sí puede ser usado por los investigadores como una prueba para cada nueva población detectada siendo especialmente útil para identificar a nivel especies y razas este tipo de nemátodos en nuevas localidades y nuevos hospederos en el territorio donde se realiza la prospección.

El fin primordial que persigue el test diferencial de North Carolina es detectar la variación patogénica entre las poblaciones de las especies y razas determinadas.

Sasser (2) señala que la primera evidencia que los nemátodos cecidógenos diferían en el ataque a ciertos hospederos fué la presentada por Sherbakoff en 1939.

Posteriormente Christie y Albin en 1944 y Christie en 1946 establecieron experimentalmente que las poblaciones de H. marioni diferían en sus relaciones hospedero parásito.

En 1949 Chitwood realizó importantes observaciones con referencia al ataque de distintos hospederos. Por ejemplo, él observó que M. hapla

era el único nemátodo cecidógeno conocido capaz de reproducirse en frutilla y que M. incognita no infestaba Maní, pero se reproducía rápidamente en algodón.

A partir del año 1954 Sasser y otros investigadores trabajaron intensamente en la posibilidad de establecer un sistema de test diferencial a objeto de poder determinar especies de Meloidogyne en base a la respuesta de hospederos determinados.

Los resultados obtenidos de estas importantes investigaciones dejaron como conclusión el test de hospederos diferenciales usado en la actualidad internacionalmente.

Esta tabla o test está basado en un estudio con 400 poblaciones de Meloidogyne procedentes de los EE.UU. y de las más importantes regiones geográficas fuera de este país. Este estudio indicó que de las 37 especies descritas hasta 1977, cinco de ellas causaban el mayor daño a las plantas cultivadas y eran M. incognita, M. javanica, M. hapla, M. arenaria y M. naasi. Las otras especies son altamente especializadas y son parásitos de uno o pocos vegetales.

Material y Método

Se ubicaron en el campo plantas jóvenes infectadas con nemátodo cecidógeno de los siguientes cultivos, zapallo, tomate (Limeño), pepino de ensalada, plátano y olivo.

Con el objeto de facilitar la recolección de las masas de huevos para obtener el inóculo, se recolectaron del campo raicillas (raíces secundarias finas) con infestación evidente o comprobable a ojo desnudo.

Una vez en laboratorio estas muestras de raicillas eran lavadas sumergiéndolas en agua a objeto de remover de ellas las partículas de suelo. Se puede usar una lluvia fina para el lavado usando mayor presión se corre el riesgo de perder gran parte del material de masas de huevos que se encuentran ubicadas por encima del tejido epidérmico de la raíz.

Lavadas en la forma descrita las raicillas infestadas eran dispuestas bajo estéreomicroscopio a objeto de separar las masas de huevos. Estas cuando están maduras adquieren un color café o marrón claro, lo que las hace fácilmente distinguibles en el tejido de la raíz.

Trabajando bajo estéreomicroscopio las masas de huevos eran extraídas del sistema radicular con pinzas y colocadas en una solución de 10% de Clorox. Puede también usarse 0.525% de NaOCl. El tiempo utilizado en esta operación era de cuatro minutos.

Posteriormente se procedía a desflocular los huevos separándolos de la matriz gelatinosa agitando la suspensión de masas de huevos en Na OCl. Enseguida se vertía el contenido del frasco con los huevos ya desfloculados a través de un tamiz de 200 y 500 mallas.

Una vez vertida la solución a través de ambos tamices se trabajaba con el tamiz de 500 mallas en el cual quedan retenidos los huevos, sometiéndolos a una lluvia fina de agua corriente de manera de liberarlos de un exceso de Hipoclorito de sodio.

Posteriormente invirtiendo el tamiz se lavaba recibiendo el agua con los huevos retenidos en un vaso de precipitado.

Para poder alcanzar la concentración determinada y recomendada por el IMP para los efectos de inoculación se tomaban 3 alicuotas de 1 ml de suspensión de huevos del vaso de precipitado, previamente homogenizado mediante una corriente de aire inyectado con una pipeta, unos segundos antes de la extracción de la alicuota. Para lograr la concentración recomendada se ajustaba el volumen de agua.

Contando los huevos presentes en cada alicuota se promediaba y se ajustaba el volumen de agua hasta obtener una concentración aproximada de 1000 huevos por ml.

Terminada la operación anterior se estaba en condiciones de iniciar la prueba con los hospederos diferenciales, bajo condiciones de Invernadero. Para ésta se usaron plántulas de tomate de variedad Rutgers, tabaco NC 95, ají o pimentón California Wonder, sandía Charleston Grey, algodón Deltapine 16, maní Florunner. Tanto los almácigos como el trasplante a macetas se realizó usando como sustrato, suelo convenientemente tratado tipo franco arenoso mezclado con arena lavada en proporción de 1:1.

Posteriormente al trasplante se iniciaba el proceso de inoculación cuando las plantas presentaban un buen desarrollo foliar. Las plantas fueron inoculadas con 10.000 huevos por maceta efectuando 4 a 5 orificios en el suelo alrededor de las plántulas a 5 cm de profundidad.

Las macetas utilizadas para el test eran de 15 cm de diámetro con 12 cm de profundidad. Cada hospedero diferencial tenía tres repeticiones. Se incluyeron además dos macetas con tomate Rutgers no inoculado cultivadas en el suelo utilizado, las cuales servían como testigo.

Se tuvo extremo cuidado en preservar las macetas libres de malezas.

La finalización de la prueba y la calificación de los sistemas radiculares inoculados se efectuó a los 45 días. La temperatura ambiente durante este período fluctuó entre los 25° a 30°C.

Los sistemas radiculares eran extraídos de las macetas y lavados sumergiéndolos en agua corriente, posteriormente se sometían a una lluvia fina de agua corriente a objeto de limpiarlos de toda partícula de suelo.

Los sistemas radiculares eran dispuestos en vasos de precipitado, cada uno de ellos identificados detalladamente sumergiéndolos en una solución acuosa de Phloxin (0.15 g/L) de agua corriente durante 15 minutos. De esta manera las masas de huevos se teñían y se procedía a su calificación de acuerdo a la siguiente escala:

0 = 0	Nudosidades o masas de huevos
1 = 1 - 2	" " " " "
2 = 3 - 10	" " " " "
3 = 11- 30	" " " " "
4 = 31-100	" " " " "
5 = Más de 100	" " " " "

Una vez calificados los sistemas radiculares de los diferenciales utilizados, se comparaban los resultados con la siguiente tabla (IMP) de reacción normal de los seis hospedantes diferenciales para las 4 especies de Meloidogyne más cosmopolitas teniendo presente los hospederos claves para la identificación de la especie.

Discusión

La reacción de los hospederos diferenciales a las poblaciones de Meloidogyne spp. colectadas en zapallo, pepino, plátano y olivo en el Valle de Azapa, indicaron que se trataba de la especie M. javanica.

Especie Identificada	HOSPEDEROS DIFERENCIALES					
	Tabaco	Algodón	Pimentón	Sandía	Maní	Tomate
M. incognita						
Raza 1	- 1/	-	+	+	-	+
Raza 2	+	-	+	+	-	+
Raza 3	-	+	+	+	-	+
Raza 4	+	+	+	+	-	+
M. arenaria						
Raza 1	+	-	+	+	+ 1/	+
Raza 2	+	-	-	+	-	+
M. javanica	+	-	- 1/	+	-	+
M. hapla	+	-	+	- 1/	+	+

1/ Diferencial clave para la identificación de la especie.

Reacción de Hospederos Diferenciales a Poblaciones de *Meloidogyne* spp. Colectadas en el Valle de Azapa

Hospedero Diferencial	Hospedero, Localidad, Numero de la muestra				
	Cucurbita sp. Cerro Moreno No. 1707	*Lycopersicon esculentum* C. Juan Noe No. 1770	*Cucumis sativus* Las Maitas No. 1740	*Musa* sp. C. Juan Noé No. 1848-1849	*Olea europea* Cerro Moreno No. 1835
Tomate (Rutgers)	+	+	+	+	+
Algodón (Deltapine)	-	-	-	-	-
Maní (Florunner)	-	-	-	-	-
Sandía (Charleston Grey)	+	+	+	+	+
Pimentón (California Wonder)	-	+	-	-	-
Tabaco (NC 95)	+	+	+	+	+
Especie Identificada	*M. javanica*	*M. incognita*	*M. javanica*	*M. javanica*	*M. javanica*

Con respecto a la población de Meloidogyne spp. colectada en tomate, la reacción de los hospederos diferenciales indicó que se trataba de la especie M. incognita perteneciente a la raza 2.

Se hace necesario continuar las pruebas con los hospederos diferenciales trabajando con poblaciones colectadas en los mismos cultivos y otros a objeto de poder determinar la predominancia de especie en el Valle y de esta manera tomar las medidas de control genético y químico respectivo.

ABSTRACT

PATHOGENIC VARIATION OF MELOIDOGYNE SPP. IN DIFFERENTIAL HOSTS IN NORTHERN CHILE

This report gives information on the first identifications of the species of the genus Meloidogyne carried out in the Nematology Laboratory of the University of the North in Arica, Chile (presently, this place now belongs to the University of Tarapaca, Arica-Chile). The method used was the one developed by the International Meloidogyne Project headquartered in the North Carolina State University in Raleigh, North Carolina (U.S.A.). The response of the differential hosts to the Meloidogyne spp. populations collected from squash (Cucurbita sp.), cucumber (Cucumis sativus), banana (Musa sp.) and olive (Olea europea) indicated that the species was M. javanica. In regard to the population collected from tomato, the response of the differential hosts indicated that it was M. incognita race 2.

In the future, plans will continue with the same type of trials already used. Populations will be collected and isolated from the different crops of the area with the object of investigating the predominance of the species. Genetic and integrated management practices will be developed and introduced.

Literatura Citada

1. Jiménez R., M. 1979. Antecedentes sobre el nemátodo cecidógeno en la la. Región Chile, IDESIA, Departamento de Agricultura, Universidad del Norte Arica No. 5, Junio 1979.

2. Sasser, J. N. 1979. Pathogenicity, host ranges and variability in Meloidogyne species, pp. 257-268 IN Root-knot Nematodes (Meloidogyne Species) Systematics, Biology and Control, eds. F. Lamberti and C. E. Taylor. Academic Press Inc. (London) Ltd., London. 477 pp.

3. Taylor A. L. and J. N. Sasser. 1978. Biology, Identification and Control of Root-knot Nematodes (Meloidogyne Species). IMP, Dep. of Plant Pathol., NCSU and USAID. North Carolina State Univ. Graphics, Raleigh, N.C.

ESPECIES Y RAZAS FISIOLOGICAS DE MELOIDOGYNE EN CULTIVOS DE IMPORTANCIA ECONOMICA DEL DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA (COL.)

M. Escovar,* W. Cardona* y R. Navarro Alzate**

El nemátodo del nudo radical Meloidogyne spp. presenta distribución mundial, y su daño se extiende a gran cantidad de cultivos, convirtiéndose este fitoparásito en el de mayor importancia en todas las áreas geográficas del mundo.

En la actualidad el control de nemátodos está encaminado al empleo de productos nematicidas, la resistencia genética y el uso de otras prácticas de cultivo especialmente la rotación con plantas no susceptibles o tolerantes. Las dos últimas prácticas requieren, para su correcto empleo, un completo conocimiento de especies e inclusive razas del nemátodo a controlar (2, 5, 8).

En la actualidad se han identificado más de 37 especies dentro del género Meloidogyne (1, 3, 8, 9), pero según estudios del IMP (International Meloidogyne Project) el 85% de éstas corresponden a M. incognita y M. javanica. M. hapla y M. arenaria solo representan el 7% y el resto otras especies. Además M. incognita que puede estar representada por 4 razas muestra como prevalente la raza 1 (9).

En Colombia se han realizado algunos trabajos para determinar especies de Meloidogyne en diferentes cultivos (4, 6, 7), pero la identificación de razas fisiológicas dentro del género solo se empezó en 1978 (10) como una cooperación al Proyecto Internacional Meloidogyne (IMP). En vista de la importancia de la determinación de especies y razas de Meloidogyne, se planeó el presente trabajo, con miras a determinar cuales son las más prevalentes en el departamento de Antioquia (Col.).

Metodologia

Se tomaron muestras de raíces afectadas por Meloidogyne en ocho cultivos que tienen en la actualidad importancia económica en el

---

*Estudiantes de la Facultad de Agronomía, Universidad Nacional sede de Medellín, Antioquia, Colombia.

**I.A.M.S., Centro Regional de Investigación "La Selva." Apartado aéreo 51764. Medellín, Antioquia, Colombia.

departamento de Antioquia (Tabla No. 1). Estas poblaciones se incrementaron en plantas de tomate (Lycopersicon esculentum var. Rutgers) de aproximadamente 20 días de trasplante. Las plantas crecieron en macetas de barro (10 x 12 cm) en suelo esterilizado al vapor.

Posteriormente se purificaron las poblaciones utilizando una masa de huevos por planta de tomate, con el fin de asegurar la unificación de las especies. Transcurridos 70 días, a partir de la fecha de inoculación, se extrajeron 10 hembras adultas para determinar la especie, realizando para ésto cortes de "patrón perineal." Una vez determinada la especie de Meloidogyne se procedió a identificar las razas existentes inoculando 10 masas de huevos en los hospedantes diferenciales empleados para este fin (9).

Para la determinación de razas de M. incognita se utilizaron cinco plantas por cada hospedante diferencial. Transcurridos 60 días después de inoculación se cuantificó el número de agallas presentes en raíces de la planta empleada como diferencial.

Para la calificación de susceptibilidad o resistencia se siguió la escala propuesta por IMP (9).

Resultados

Proceso de multiplicación. Todas las muestras procedentes de los diferentes cultivos se aumentaron satisfactoriamente en tomate var. Rutgers a excepción de las de clavel que solo produjeron cantidades escasas de inóculo. Los procedentes de pimentón (Capsicum sp.) tampoco se desarrollaron bien en tomate, lo mismo sucedió con las raíces extraídas de café.

Purificación. El método de purificación empleando una sola masa de huevos por plántula de tomate fue eficiente ya que de esta forma se obtuvieron suficientes masas de huevos, para continuar el proceso de determinación de razas.

Especies determinadas. De las 22 muestras de raíces procedentes de ocho cultivos se identificaron cuatro especies: M. incognita, M. javanica, M. hapla y M. exigua (Tabla No. 2).

Algunos patrones perineales procedentes de raíces de lulo (S. quitoense) y tomate de árbol (C. betacea) del municipio de San Pedro

Tabla No. 1. Cultivos y localidades seleccionados para determinar especies y razas de *Meloidogyne*

Muestra	Cultivo	Nombre Científico	Localidad	T (°C)	m.s.n.m.
1	Ají	*Capsicum vacatum*	San Pedro	16.5	2.550
2	Café	*Coffea arabiga*	Medellín	19.0	1.700
3	Café	*Coffea arabiga*	San Jerónimo	24.0	1.100
4	Café	*Coffea arabiga*	Venecia	19.5	1.650
5	Clavel	*Dianthus caryophillus*	Rionegro	18.0	2.120
6	Clavel	*Dianthus caryophillus*	La Ceja	17.5	2.130
7	Fríjol	*Phaseolus vulgaris*	Rionegro	18.0	2.120
8	Fríjol	*Phaseolus vulgaris*	El Carmen	17.0	2.180
9	Fríjol	*Phaseolus vulgaris*	Guame	18.0	2.120
10	Fríjol	*Phaseolus vulgaris*	Rionegro	18.0	2.120
11	Lulo	*Solanum quitoense*	San Pedro	16.5	2.550
12	Lulo	*Solanum quitoense*	Santa Fé de Ant.	26.0	500
13	Papa	*Solanum tuberosum*	Rionegro	18.0	2.120

Tabla No. 2. Especies y razas fisiológicas de *Meloidogyne* spp. en cultivos del departamento de Antioquia

Muestra	Cultivo	Localidad	m.s.n.m.	Especie	Raza
1	Pimentón	San Pedro	2.550	*M. hapla*	--
2	Café	Medellín	1.700	*M. exigua*	--
3	Café	San Jerónimo	1.100	*M. exigua*	--
4	Café	Venecia	1.650	*M. exigua*	--
5	Clavel	Rionegro	2.120	*M. incognita*	2
6	Clavel	La Ceja	2.130	*M. incognita*	2
7	Fríjol	Rionegro	2.120	*M. incognita*	--
8	Fríjol	El Carmen	2.180	*Meloidogyne* (Mi, Mj)	2
9	Fríjol	Guarne	2.120	*M. ircognita*	--
10	Fríjol	Rionegro	2.120	*M. incognita*	1
11	Lulo	San Pedro	2.550	*Meloidogyne* sp.	--
12	Lulo	Santa Fé	500	*M. javanica*	--
13	Papa	Rionegro	2.120	*M. incognita*	2
14	Papa	El Carmen	2.180	*M. javanica*	--
15	Plátano (AAB)	Medellín	1.500	*Meloidogyne* (Mi, Mj)	2
16	Plátano (AAB)	Venecia	1.650	*M. incognita*	2
17	Plátano (AAB)	Apartadó	50	*M. javanica*	--
18	Plátano (AAB)	Apartadó	50	*M. incognita*	--
19	Tomate árbol	Rionegro	2.120	*Meloidogyne* (Mi, Mj)	--
20	Tomate árbol	Medellín	1.550	*M. incognita*	2
21	Tomate árbol	San Pedro	2.550	*Meloidogyne* sp.	
22	Tomate árbol	Sonsón	2.250	*M. incognita*	4

presentaron algunas desviaciones de los patrones para las cuatro especies, además cuando se inocularon en los hospedantes diferenciales solo se presentó infección en tabaco NC 95.

Determinación de razas. Mediante el proceso de hospedantes diferenciales se determinaron tres razas fisiológicas (raza 1, 2 y 4) de la especie *M. incognita*. La muestra correspondiente a *M. hapla* de *Capsicum* sp. se envió a Carolina del Norte para identificación de la raza correspondiente (Tabla No. 2).

ABSTRACT

IDENTIFICATION OF THE SPECIES OF *MELOIDOGYNE* GENUS IN THE DEPARTMENT OF ANTIOQUIA (COLOMBIA)

Rafael Navarro Alzate

A study was conducted on the different races and species of *Meloidogyne* infecting eight cultivars of economic importance, in the Department of Antoquia (Colombia). The perineal pattern was the basis for the identification of species, and the reaction of differential hosts for the physiological races.

M. incognita: Race 2 was found in carnation, bean, potato, banana and tomato tree (*C. betacea*).

M. incognita: Race 1 was identified in bean.

M. incognita: Race 4 in tomato tree.

M. javanica: In bean, naranjilla (*Solanum quitoense*), banana and tomato tree.

M. exigua: In coffee.

M. hapla: In red pepper (*Capsicum vacatum*).

It was not possible to determine the species in some populations coming from naranjilla (*S. quitoense*) and from tomato tree, since the perineal pattern didn't exhibit the characteristics of any of the five principal species of *Meloidogyne*.

Bibliografia

1. Baldwin, J. G. 1976. Morphology of Meloidogyne spp. Summary and prospects for further investigation, pp. 25-27 In Proc. of the Res. Planning Conf. on Root-knot Nematodes, Meloidogyne spp. Raleigh, N.C.

2. Fassuliotis, G. 1978. Progresos, problemas y perspectivas en el mejoramiento de cultivos hortícolas por resistencia al nemátodo de la nudosidad radical Meloidogyne spp. In Memorias de 2a. Conferencia de Trabajos sobre el Proyecto Internacional Meloidogyne. Lima, Perú.

3. Golden, A. M. 1976. Meloidogyne taxonomy - current status, some problems, and needs, pp. 13-17 In Proc. of Res. Planning Conf. on Root-knot Nematodes, Meloidogyne spp. Raleigh, N.C.

4. Lopez, Selma. 1976. Trabajos de investigación realizados con nemátodos del género Meloidogyne en café, en Colombia, pp. 53-65 In Memorias de la Conferencia de Trabajo sobre el Proyecto Internacional Meloidogyne. Cali, Colombia.

5. Navarro, R. y R. Barriga. 1970. Control de nemátodos fitoparásitos por medio de rotación con cultivos resistentes a estos organismos. Rev. Inst. Col. Agr. 3:173-183.

6. Navarro, R. y R. Barriga. 1974. Identificación de especies de Meloidogyne Goeldi en Colombia. Revista ICA 9(4):499-519.

7. Navarro, R. y R. Barriga. 1976. Algunas actividades de investigaciones sobre el género Meloidogyne en Colombia, pp. 37-50 In Memorias de la Conferencia de trabajo sobre el Proyecto Internacional Meloidogyne. Cali, Colombia.

8. Sasser, J. N. 1980. Root-knot nematodes: global menace to crop production. Plant Dis. 64(1):36-41.

9. Taylor, A. L. and J. N. Sasser. 1978. Biology, identification and control of root-knot nematodes (Meloidogyne species). North Carolina State University Graphics, Raleigh, N.C. 111 pp.

10. Varon, F. y R. Barriga. 1978. Identificación de especies del nemátodo del nudo radicular Meloidogyne spp., pp. 43-50 In Memorias II Conferencia de Trabajo sobre el Proyecto Internacional Meloidogyne (IMP). Lima, Peru.

11. Whitehead, A. G. 1968. Taxonomy of Meloidogyne (Nematoda; Heteroderidae) with descriptions of four new species. Trans. Biol. Soc. London 31:263-401.

INFORME DEL PERU

3ERA. CONFERENCIA DEL PROYECTO INTERNACIONAL DE MELOIDOGYNE

Ing° Eleodoro Herrera A.*

Introduccion

El "Nemátodo del Nudo de la Raíz" Meloidogyne con sus especies M. incognita acrita, M. hapla, M. javanica, M. arenaria y M. exigua, viene constituyendo especialmente incognita, un factor limitante de la producción de cultivos tanto alimenticios como industriales. Las condiciones ecológicas y de suelo así como la susceptibilidad de los cultivos hacen que estos daños se tornen en muchos casos incontrolables.

Así mismo en los últimos años el agricultor ha tomado conciencia de estos problemas y con frecuencia es asistido para efectuar diagnósticos (mapeo nematológico) como recomendaciones orientadas al control.

Estado Actual de las Investigaciones por Cultivos

Algodón - El nemátodo de mayor frecuencia lo constituye el Meloidogyne incognita, éste cultivo parece ser algo tolerante a este nemátodo, sobre todo cuando se trata del sistema de conducción por Plantada, aún con densidades altas superiores a 50 larvas/100 cc de suelo no se aprecian daños típicos de este nemátodo ni la planta sufre mermas en producción.

Los ensayos efectuados para el control en soca con nematicidas, han demostrado la significación de uso habiendo sobresalido los nematicidas aldicarb 10G a razón de 30 kg/ha y Ethoprop 10G 40 kg/ha.

Papa - Solamente se viene trabajando con aspectos de control relacionados a preparación de suelo, aplicación de materia orgánica y uso de nematicidas.

El nemátodo de amplia distribución es el M. incognita y se

---

*Coordinator of the National Program of Nematology, Inst. Nac. de Invest. y Prom. Agraria, INIPA, P.O. Box 2791, Lima, Peru.

han obtenido respuestas con materia orgánica con dosificaciones superiores a las 15 TM/ha hasta 30 TM/ha.
Los nematicidas de mejor acción fueron: aldicarb 10G a la dosis de 30 kg/ha, oxamil 24L a razon de 15.14 litros/ha carbofuran y phenamiphos a las dósis de 35 kg/ha, respectivamente.

Tomate - Se ha detectado los nemátodos M. incognita como el de mayor aparición y esporádicamente se han encontrado M. hapla. Las respuestas al uso de nematicidas ha sido favorable, empleando los productos: aldicarb 25 kg/ha, carbofuran 30 kg/ha, ethoprop y phenamiphos 35 kg/ha, respectivamente.

Café - El principal problema nematológico lo ocasiona el Meloidogyne exigua habiendo mostrado efectividad de uso los nematicidas: aldicarb 150-200 g/planta, phenamiphos 300 g/planta y carbofuran 300 g/planta.

Fríjol - Se trata de una leguminosa de alta susceptibilidad cultivada en condiciones de costa y muy atacada por M. incognita se han obtenido respuesta favorable en las pruebas de resistencia con el empleado de los cultivares 'Puka,' 'Lambayeque 2,' 'Cocacho Corriente,' 'Americano Negro.'
Los ensayos de control químico han demostrado un efecto favorable con el uso de los productos: oxamil, aldicarb y carbofuran.

Olivo - Recientemente se ha efectuado un mapeo nematológico de una importante Zona Olivícola del País (Tacna), habiéndose detectado infestaciones de ligeras a fuertes del Meloidogyne, faltando determinar con precisión la especie.

Camote - Se ha demostrado resistencia de los cultivares de "mesa" 'Seedling 50,' 'Lurín,' 'Morado Huara,' 'Morado Chillón,' los industriales: 'Chancleta de Chilca,' 'Zapallo de Cañete,' 'Lirio,' 'Blanco.'

Yuca - (Manihot utilisima), tolerancia: 'Negra Mochera,' 'Tolonera,' 'Iqueña' y 'Maleña.'

La Molina, Marzo de 1982

REPORT FROM PERU
THIRD CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL MELOIDOGYNE PROJECT

Eleodoro Herrera A*

Introduction

The root-knot nematode, M. incognita acrita, M. hapla, M. javanica, M. arenaria and M. exigua (especially M. incognita), is a limiting factor in production of food and industrial crops. Environmental and soil conditions as well as crop susceptibility often lead to uncontrollable damage.

Recently, the farmer became aware of these problems. Diagnostic services and control recommendations are frequently requested.

Research Report of the Main Crops

Cotton - The most common nematode is Meloidogyne incognita. Cotton semes to be tolerant to this nematode, especially when the cropping system is "Plantada." Densities higher than 50 larvae/100 cc of soil do not cause typical damage or yield reduction. Control experiments in ratoons of cotton with nematicides have shown significant results. Aldicarb 10 g (30 kg/ha) and Ethoprop 10 g (40 kg/ha) were the most effective.

Potato - Control experiments related to soil preparation, organic matter amendments and use of nematicides were carried out. M. incognita is the most widespread nematode in this crop. Organic matter has been effective against this nematode at 15-30 TM/ha. The most effective nematicides were aldicarb 10 G (30 kg/ha), oxamil 24L (15.14 liters/ha), and carbofuran and phenamiphos at 35 kg/ha, respectively.

Tomato - M. incognita is the most common nematode in this crop. M. hapla was found sporadically. The following nematicides were effective: aldicarb (25 kg/ha), carbofuran (30 kg/ha), and ethoprop and phenamiphos at 35 kg/ha, respectively.

---

*Coordinator of the National Program of Nematology, Ins. Nac. de Invest. y Prom. Agraria, INIPA, P.O. Box 2791, Lima, Peru.

Coffee - *Meloidogyne exigua* is the main problem. Nematicides effective against this nematode were: aldicarb (150-200 g/plant), phenamiphos (300 g/plant) and carbofuran (300 g/plant).

Bean - It is very susceptible to *M. incognita* on the coast. Resistant cultivars include: 'Puka,' 'Lambayeque 2,' 'Cocacho Corriente,' and 'Americano Negro.' Chemical control using oxamil, aldicarb and carbofuran was also effective.

Olive - A nematological survey was conducted in Tacna (Southern Peru). *Meloidogyne* infestation was from light to heavy; the species has not been identified yet.

Sweet potato - The table cultivars, 'Seedling 50,' 'Lurin,' 'Morado Huara,' 'Morado Chillon,' and the industrial cultivars, 'Chancleta de Chilca,' 'Zapallo de Cañete' and 'Lirio Blanco' have shown resistance.

Cassava - (*Manihot utilisima*) the cultivars 'Negra Mochera,' 'Tolonera,' 'Iqueña' and 'Maleña' have shown tolerance.

EL "NEMATODO DEL NUDO DE LA RAIZ" EN LA COSTA NORTE DEL PERU

Julia Amaya de Guerra*

Para el presente informe se considera como Costa Norte del Perú a la zona comprendida entre los 3°48' L.S. y 9° L.S., donde se encuentran los valles de Tumbres, Piura, Chira, Lambayeque, Reque, Jequetepeque, Chicama, Moche, Virú, Chao y Santa.

Los cultivos de cada valle se dan en el cuadro N° 1.

Por los análisis de tierra y examen de raíces de diferentes cultivos de cada uno de estos valles, se puede señalar que todos ellos están infestados por Meloidogyne, que se ve favorecido en sus infestaciones por la naturaleza del suelo, mayorments arenoso.

Dos son las especies más frecuentes: Meloidogyne incognita y Meloidogyne javanica, encontrándose en menor ocurrencia Meloidogyne arenaria y Meloidogyne hapla.

La presencia de las diferentes especies por cultivo y valle se dan en el cuadro N° 2.

TRABAJOS EN EJECUCION

Determinación de las Especies de Meloidogyne que Atacan al Frijol (Phaseolus vulgaris L.) y Evaluación del Comportamiento de Diferentes Cultivares Ante Meloidogyne.

Uno de los limitantes principales en la producción de frijol, en los valles de Chicama, Moche y Virú, es Meloidogyne.

Con la finalidad de estudiar este problema se coordinó con el Programa Nacional de fríjol, con sede en Vista Florida - Chiclayo.

Los estudios se proyectaron en tres etapas:

(a) Identificar las especies de Meloidogyne que atacan a fríjol en los valles citados.

(b) Evaluar el comportamiento de diferentes cultivares de fríjol ante Meloidogyne, en condiciones de invernadero.

(c) Evaluar el comportamiento en condiciones de campo, de los cultivares que resultasen resistentes a la prueba anterior.

Por la prueba de hospederos diferenciales y por cortes perineales se ha determinado que dos son las especies, que atacan al fríjol en

---

*Departamento de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional de Trujillo

Cuadro 1. Cultivos por valles de la costa norte del Peru (en Hectáreas)

Cultivo Valle	Tumbes	Chira Piura	Lambaye-que-Reque	Jequetepeque	Chicama	Moche	Virú	Chao
Arroz	3,680	21,900	26,680	21,673	131	--	--	--
Maiz híbrido	360	14,730	20,940	4,031	1,200	1,343	4,475	467
Fríjol	90	4,295	1,285	1,077	2,181	432	1,746	172
Alfalfa	5	80	6,400	933	2,850	286	265	6
Arveja	--	15	905	245	194	90	58	2
Caña de azúcar	--	--	34,208	233	33,348	3,553	263	--
Frutales	5	2,800	1,067	500	321	303	210	--
Camote	30	1,145	640	87	185	252	1,016	--
Plátano	3,500	4,500	710	250	--	--	--	--
Espárrago	--	--	705	--	--	15	10	1,508
Tomate	10	150	--	39	137	129	474	--
Cocotero	130	600	--	--	--	--	--	--
Algodón	205	53,700	5,090	--	190	--	--	--
Papa	--	--	--	190	--	32	74	--
Yuca	--	--	--	8	51	324	453	--
Loctao	--	--	--	1,240	--	--	--	--

Cuadro 2. Especies de Meloidogyne por cultivo y valle

Valle	Cultivo	M. incognita	M. javanica	M. arenaria	M. hapla
Tumbes	fríjol	x			
	camote	x			
	tomate	x			
	algodón	x			
Chira	fríjol	x			
	alfalfa	x			
	arveja	x			
	camote	x			
	tomate	x			
	algodón	x			
Piura	algodón	x			
	frijol	x			
	zapallo	x			
	mango	x			
	tamarindo	x			
Lambayeque	fríjol	x	x	x	
	alfalfa	x			
	tomate	x	x		
	camote	x			
	algodón	x			
	caña de azúc	x			
Reque	algodón	x			
	fríjol	x			
	alfalfa	x			
	tomate	x			
Jequetepeque	fríjol	x			
	alfalfa	x			
	arveja	x			
	loctao	x			
	maní	x			
	lenteja	x			

Cuadro 2 (Continuacion)

Valle	Cultivo	M. incognita	M. javanica	M. arenaria	M. hapla
Chicama	caña de azúc	x			
	fríjol	x	x		
	camote	x			
	beterraga	x	x		
	zapallo	x			
	ají	x			
	alfalfa	x			
Moche	fríjol	x	x		
	camote	x			
	tomate	x	x		
	zanahoria	x	x		
	apio	x	x		
	poro	x			x
	culantro	x			
	col	x			
	lechuga	x			
	caigua	x			
	piña	x			
	beterraga	x			
	coliflor	x			
Virú	caña de azúc	x			
	tomate	x			
	espárrago	x			
	yuca	x			
	lenteja	x			
	zapallo	x			
	papa	x			
Chao	fríjol	x			
	arveja	x			
	camote	x			
Santa	camote	x			
	zanahoria	x			
	algodón	x			
	papa	x			

los valles señalados: Meloidogyne incognita y Meloidogyne javanica, la frecuencia de ocurrencia se dá en el cuadro N° 3.

Se han evaluado 12 cultivares de fríjol, con germoplasma proporcionado por el Programa Nacional de fríjol, los resultados de estas pruebas se dan en el cuadro N° 4. Para realizar estas evaluaciones se procedió de acuerdo a las normas del IMP.

En el presente año, se harán las evaluaciones de campo.

Evaluación del Comportamiento de Meloidogyne Incognita que Ataca a Espárrago

En el valle de Virú el cultivo de "espárrago" (Asparagus officinalis L.) abarca más o menos 1000 ha. Desde 1980 hemos realizado evaluaciones, lo que nos permite señalar que es atacado por Meloidogyne, con una ocurrencia de 15% de muestras de raíces observadas.

Mediante cortes perineales se ha determinado que es Meloidogyne incognita. Muestras de tierra y masas de huevos fueron enviadas a North Carclina.

Una población de esta especie se mantiene en invernadero con el fin de evaluar su comportamiento ante cultivos como "marigold" y maíz, que actualmente se están intensificando en este valle.

PLANES DE INVESTIGACION FUTURA

Para el presente año se han programado los siguientes trabajos:

Evaluación de Diferentes Cultivares de Tomate Ante Meloidogyne

El tomate es un cultivo que se está intensificando en la zona, alentados por las Plantas Envasadoras de pulpa de tomate, así mismo se están introduciendo cultivares italianos con referencias de altos rendiemientos, es interés nuestro y el de los agricultores, conocer el comportamiento de estos cultivares ante Meloiodgyne, que es plaga de primer orden en tomate, en todas las variedades que normalmente se cultivan en la zona de referencia.

Evaluación de la Rotación de Cultivos Para el Control de Meloidogyne en Agricultores Pequeños

El Valle de Moche, zona de influencia directa de la Universidad Nacional de Trujillo, abunda el minifundio y la agricultura está dirigida a hortalizas como apio, col, poro, zanahoria, maíz choclo, beterraga, camote etc., todos estos cultivos son fuertemente atacados

Cuadro 3. Frecuencia de ocurrencia de *M. incognita* y *M. javanica* en fríjol

Valle	Nº de muestras examinadas	Con M. incognita	%	Con M. javanica	%
Chicama	70	58	82.8	12	17.2
Moche	48	48	100	18	37.5
Virú	163	163	100	--	--

Cuadro 4. Evaluación del comportamiento de 12 cultivares de fríjol ante *Meloidogyne*

Cultivares	Susceptibles	Moderadamente Resistentes	Resistentes
Bayo Chimú	x		
Bayo Común	x		
Blanco local	x		
LG1-C-63-S-63-B	x		
Panamito sanilac	x		
Porrillo sintético		x	
NEP 2	x		
Pirata 2			x
Jamapa I 810	x		
Ica Pijao		x	
Canario Divex 8120	x		
Muy finca			x

por Meloidogyne. Normalmente el agricultor no usa nematicidas por el alto costo, de tal manera que obtiene una pobre cosecha y en algunos casos la pierde.

Hemos conversado hasta con 5 agricultores para experimentar en sus campos la rotación de cultivos como una medida de contrarrestar los ataques de Meloidogyne.

Las rotaciones que se han considerado evaluar son:

Apio - maíz - apio

Tomate - maíz - tomate

Apio -"marigold" - apio

Tomate -"marigold" - tomate

ABSTRACT

THE ROOT-KNOT NEMATODE IN THE NORTHERN COAST OF PERU

This report contains information on results, ongoing research, and future plans that the Phytonematology Laboratory of the National University of Trujillo, a collaborative group of the International Meloidogyne Project, has been executing in its zone of influence (Northern coast of Peru, $3^{o}48'$ L.S. to 9°L.S.). By means of perineal patterns of isolated specimens from roots of the principal cultivars of the zone, 4 species of Meloidogyne have been determined: M. incognita, M. javanica, M. arenaria, and M. hapla, the first two being of major occurrence in cultivars as well as in valleys.

In coordination with the National Bean Program of Peru, studies have been conducted for the identification of Meloidogyne species that attack bean and for the evaluation of the behavior of 12 different germplasm cultivars provided by the program. The greenhouse tests demonstrated that varieties "Muy finca" and "Pirata 2" are resistant; Bayo Chimu, Common Bayo, Local White, L G 1 - C - 63 - S 63 - B, Panamito sanilac, NEP 2, Jamapa I 810, Canario Divex are susceptible; sintetic porrillo and Ica pijao are moderately resistant. In the following stage, the suitability of varieties will be evaluated under field conditions.

Asparagus is the crop of major economic importance in the Viru Valley, and there is a possibility that its area of cultivation will be extended to other valleys. Due to the discovery of Meloidogyne infestations, an experiment has been designed for the purpose of determining the causal race and its aggressiveness. Crops, such as marigold and wheat, which have been cited in the literature as being repellents of nematodes will be used in an effort to reduce Meloidogyne populations. It is projected for the next 2 years that evaluations be conducted on the behavior of cultivars of important crops in the area, such as tomato which tends to increase the root-knot population. Crop rotation systems to help small farmers will also be evaluated.

INFORME SOBRE LA LABOR DESARROLLADA Y LOS AVANCES LOGRADOS EN LA INVESTIGACION DEL PROYECTO IMP EN LA ARGENTINA

Miguel A. Costilla

Los nemátodos del género Meloidogyne son muy perjudiciales y están ampliamente distribuidos en la agricultura de nuestro pais, ocasionando graves daños económicos regionales, a pesar de los esfuerzos que se realizan para evitarlos. Los daños son en muchos casos muy pocos aparentes y pasan inadvertidos, aunque los rendimientos y localidad se resiente n, resultando para la economía de algunas zonas y particularmente para el productor pérdidas considerables.

Si bien son conocidos desde hace mucho tiempo, su presencia e importancia en algunos cultivos fueron registrados recientemente. En los últimos años se han intensificado las investigaciones y trabajos experimentales sobre el uso de variedades resistentes, aplicación de nematicidas, ensayos de rotación y trabajos cuantitativos y cualitativos para determinar cantidad y especies presentes.

Los cultivos más afectados en las distintas zonas productoras son los hortícolas, particularmente el tomate, de gran importancia económica en la región de Cuyo Nordeste, Noroeste y Sur del pais. El área de cultivo de primicia de las provincias de Salta y Jujuy, los rendimientos por hectarea disminuyen en algunos casos en más de 50% en las variedades Platense y Santa Cruceño grande y enano, cuando no se toman precauciones de control químico y aporque alto. Generalmente el sistema radicular principal es siempre destruído.

En la zona de cuyo el problema es también de suma importancia, aconsejandose el uso de variedades resistentes (tipo perita) como Rossol, Piernita, y Ronita de buen comportamiento ante la presencia de Meloidogyne incognita. Actualmente nuevas especies de Meloidogyne y Nacobbus fueron identificados en las zonas de Cuyo, Catamarca y Tucumán, atacando el tomate, lo que ha modificado el comportamiento de las variedades resistentes a M. incognita. Igual situación se manifesta en tomate en el Nordeste y Sur del pais; en este último lugar (Alto Valle de Río Negro), se realizaron estudios del marchitamiento del tomate provocada por los hongos Fusarium oxysporum y Fusarium vasifectum,

confirmando que esta enfermedad se incrementa ante la presencia de M. incognita.

El tabaco es otro de los cultivos muy afectados por Meloidogyne. En las provincias de Salta y Jujuy se incorporaron tabacos claros resistentes a M. incognita, a pesar de los cuales los inconvenientes perjudiciales por el nemátodo del nudo continúan. Las causas son la presencia de otras especies de Meloidogyne y de Nacobbus aberrans mencionado por primera vez para tabaco.

En duraznero en la provincia de Catamarca se observó serios daños de Meloidogyne en plantas de viveros, los que son dispersados a nuevas áreas de colonización sin tomarse debidas precauciones trayendo consecuencias perjudiciales a las plantas en el lugar definitivo.

El bananero, vid, poroto y forestales en el Noroeste argentino, son infestados seriamente por Meloidogyne, en áreas faciles de identificar en el cultivo.

La importancia en cultivos de papa, soja, pimiento, etc., es menor, probablemente por la escasa información al respecto.

Formacion Del Banco de Meloidogyne

Se colectaron poblaciones de Meloidogyne de diferentes áreas ecológicas de cultivos de las Provincias de Catamarca, Salta, Jujuy, Misiones, Santa Fé y Tucumán, estableciéndose un banco de este género de nemátode, compuesto por 58 poblaciones (cuadro no. 1). La finalidad es la de realizar un reconocimiento de las especies y al mismo tiempo orientar a otros trabajos relacionados con las investigaciones del proyecto IMP.

Los estudios morfológicos de los modelos perineales, dieron como resultados mezclas de especies en una misma área y aún en una misma planta. Las mezclas más comunes se forman con M. javanica, M. incognita y M. arenaria (Cuadros no. 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8). La especie que con mayor frecuencia se presenta es M. javanica (80%), luego le siguen M. incognita (38%), M. arenaria (32%), M. decalineata ? (1,8%), M. hapla (1,8%) y Hypsoperine sp ? (3,6%). Meloidogyne hapla se presentó una sola vez en papa, en escasa población, no pudiendo ser posteriormente multiplicada; lo que consideramos M. decalineata fué detectada también una sola vez en poroto y en escasa población, corriendo igual suerte que M. hapla.

Cuadro No. 1. Poblaciones de cada cultivo utilizadas en la formación del banco de Meloidogyne

Cultivo	No. muestras
Caña	4
Tabaco	27
Tomate	10
Papa	7
Zapallo	1
Pimien.	2
Garban.	2
Soja	1
Poroto	3
Durazn.	1

Cuadro No. 2. Especies de Meloidogyne encontradas relacionadas al poroto

Lugar	M.i.	M.j.	M.a.	M.h.	M.dec.
La Argentina - Tucumán		x			
Benjamín Araoz - Tucumán	x	x	x		
Km 4 - Ruta 336 - Tucumán	x	x	x		
Piedra Blanca - Tucumán	x	x	x		x?
Taco Ralo	x	x			
El Chaparral - Tucumán		x			
El Porvenir - Tucumán		x			
C. Garmendia - Tucumán	x	x	x		

Cuadro No. 3. Especies de Meloidogyne encontradas relacionadas al tabaco

Lugar	M.i.	M.j.	M.a.	M.h.	M.dec.
El Alamito - Tucumán		x			
Santa Rosa - Salta		x	x		
Santa Clara - Jujuy	x				
Monterrico - Jujuy		x	x		
El Arenal - Jujuy	x				
Guemez - Salta		x			
Las Cejas - Tucumán	x				
El Porvenir - Tucumán		x			
Los Pizarros	x	x	x		
Santa Rosa - Salta		x			
San Pedro - Jujuy	x		x		
Real de Los Toros - Jujuy		x	x		
Yuto - Jujuy	x				
Km 115 - Ruta 38 - Tucumán	x	x	x		
Cerrillos - Salta	x				
La Invernada - Tucumán	x	x			
Km 4 - Ruta Los Pizarros - Tuc.	x	x			
Agua Negra - Jujuy	x	x			
Alberdi - Tucumán		x			
Ruta Prov. 9 - Km 8 - Jujuy	x		x		
Sub. Est. La Invern. - Tucumán		x			

Cuadro No. 4. Especies de Meloidogyne encontradas relacionadas al tomate

Lugar	M.i.	M.j.	M.a.	M.h.	M.dec.
El Alamito - Tucumán		x			
Fatima - Salta		x			
Santa Rosa - Salta	x	x	x		
Alto Verde - Tucumán		x			
Agua Negra - Palma Sola - Jujuy	x	x			
Real de los Toros - Jujuy			x		
El Remate - Salta		x	x		
El Alamito - Tucumán		x			
Rio Pescado - Salta		x			
Juto - Jujuy	x				

Cuadro No. 5. Especies de Meloidogyne encontradas relacionadas a la papa

Lugar	M.i.	M.j.	M.a.	M.h.	M.dec.
Colalao del Valle - Tucumán		x			
Los Alise - Jujuy		x			
Tafi del Valle		x		x	
Alijilán - Catamarca	x	x	x		

Cuadro No. 6. Especies de Meloidogyne encontradas relacionadas al banano

Lugar	M.i.	M.j.	M.a.	M.h.	M.dec.
Rio Pescado - Salta		x			
Santa Rosa - Salta		x			
Orán - Salta	x	x			
Santa Rosa - Salta		x			

Cuadro No. 7. Especies de Meloidogyne encontradas relacionadas a la caña de azúcar

Lugar	M.i.	M.j.	M.a.	M.h.	M.dec.
Guemez - Salta		x	x		
La Esperanza - Jujuy		x	x		
Tabacal - Salta		x	x		
San Miguel de Tucumán		x			

Cuadro No. 8. Especies de Meloidogyne encontradas relacionadas al zapallo

La Invernada - Tucumán	******	Meloidogyne javanica

Cuadro No. 9. Especies de Meloidogyne encontradas relacionadas al duraznero

Nueva Coneta - Pcia de Catamarca	******	Meloidogyne javanica

Cuadro No. 10. Especie de nemátode del nudo encontrada relacionada a graminea silvestre

Alto Verde - Tucumán	******	Hypsoperine sp?
Famailla - Tucumán	******	Hypsoperine sp?

Los estudios de larvas del suelo separadas por los métodos de Seinhorst y de decantación de Cobb, correspondieron a las especies identificadas mediante los reconocimientos de los diseños perineales.

Envio de Material a Carolina Del Norte

De sistintas regiones geográficas entre los 300 y más de 2000 msnm, que incluye diferentes climas y suelos, se tomaron las muestras de diversos cultivos, de acuerdo a la importancia económica de la región. Se enviaron 27 muestras con información completa. En 14 casos la información no fué completada por inconvenientes en obtener los datos correspondientes, cercanos a los lugares de muestreo y otros por falta de recipientes para el envío de la tierra. En total se enviaron 41 masas de huevos.

Hospederos Diferenciales

Los estudios realizados acerca de los hospederos diferenciales con 9 poblaciones provenientes de diferentes areas ecológicas del Noroeste del pais, demuestran la presencia de Meloidogyne incognita raza 1 y raza 2 y M. javanica. Cuatro poblaciones mostraron reacción a M. javanica, tres a M. incognita raza 1 y una a M. incognita raza 2. Los resultados se encuentran resumidos en el Cuadro No. 11.

Ensayo de Rotación en Tabaco

Los nemátodos del nudo causan en algunos años, serios problemas fitosanitarios con mermas en la producción y en la calidad del tabaco Burley en la Provincia de Tucumán.

Los objetivos de este trabajo son los de demostrar las ventajas de la rotación en el control del nemátodo, cuando se utiliza un cultivo escasamente susceptible y las desventajas cuando en la secuencia de un cultivo se inplanta otro de igual o mayor susceptibilidad.

Material y método. El ensayo se lleva a cabo en La Cocha - Tucumán, usando en la combinación de la rotación, soja, poroto, papa, tabaco, maiz y trigo, cultivos muy comunes en la zona. Se utilizan parcelas de 10 x 12 m en tres repeticiones y el tabaco utilizado corresponde al tipo Burley. La combinación de las siembras desde Septiembre de 1981 hasta Septiembre de 1983, figura en el Cuadro No. 12.

Los resultados se evaluan en base a la producción obtenida de cada cultivo, índice de infestación en las raices y número de larvas del suelo a los 60 días de la siembra y al momento de la cosecha.

Cuadro No. 11. Resultados de las pruebas diferenciales

Plantas diferenciales	Poblaciones								
	001	003	004	1	3	4	7	9	16
Tomate Rutgers	+	-	+	+	+	+	+	+	+
Algodón	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Maní	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sandía	+	-	+	+	+	+	+	+	+
Tabaco	+	-	+	-	+	+	-	+	+
Pimiento	-	-	+	+	-	-	+	-	-
	M j	Hyp?	M i R 2	M i R 1	M j	M j	M i R 1	M i R 1	M j

Nota: 001 - Tomate - Lules - Tucumán
003 - Graminea silvestre - Alto Verde - Tucumán
004 - Tabaco Virginia - Santa Clara - Jujuy
1 - Tomate - Santa Rosa - Salta
3 - Zapallo - La Invernada - Tucumán
4 - Tabaco C. 347 - Jujuy
7 - Tabaco Virginia - Santa Clara - Jujuy
9 - Banano - Orán - Salta
16 - Banano - Río Pescado - Salta

Cuadro No. 12. Epocas y cultivos utilizados en la rotación

Sept.	1981	Tab. s/t	Tab.	Tab.	Maíz		Papa	Maíz	Papa	Tab.
Dic.	1981					Soja	Maíz		Maíz	
Feb.	1982			Poroto						
Mayo	1982		Trigo							
Sept.	1982	Tab. s/t	Tab.	Tab.	Tab.	Tab.	Tab.	Maíz	Papa	Tab. c/t
Dic.	1982								Maíz	
Feb.	1983			Poroto						
Mayo	1983		Trigo							
Sept.	1983	Tab. s/t	Tab.	Tab.	Maíz	Soja	Papa	Taba.	Taba.	Tab. s/t

Cuadro No. 13. Número de larvas por cada 200 cc. de tierra

	Tab.	Tab.	Tab.	Maíz	Soja	Papa	Maíz	Papa	Tab.
1° rep.	10	79	273	4	2	90	-	44	730
2° rep.	273	68	437	137	1	58	3	14	166
3° rep.	195	44	3.400	-	3	112	-	178	52

Cuadro No. 14. Frecuencia de la presencia de las distintas especies de *Meloidogyne* y *Nacobbus* en 21 localidades

Genero y especies	Frecuencia en las localidades
M. incognita	14,2%
M. javanica	23,8%
M. incognita - *M. javanica*	23,8%
M. javanica - *M. arenaria*	14,2%
M. incognita - *M. arenaria*	9,5%
M. incognita - *M. javanica* - *M. arenaria*	9,5%
M. incognita - *Nacobbus aberrans*	4,7%

Resultados preliminares. Corresponde al número de larvas a los 60 días de la siembras de Septiembre y Diciembre de 1981 (Cuadro No. 13). Las más altas infestaciones corresponden a las parcelas sebradas con tabaco y las menores a las siembras de maiz y soja.

Especies de Meloidogyne y Nacobbus Atacondo el Tabaco en el Noroeste Argentino

El tabaco es una importante fuente de ingreso en la economía de las Provincias de Tucumán, Salta y Jujuy. Un factor limitante en la producción en muchos casos son los nemátodos, especialmente del género Meloidogyne, de amplia distribución e importancia en el área tabacalera.

La introducción de variedades tipo Virginia resistentes a M. incognita no frenó el ataque, persistiendo en ciertas áreas las altas infestaciones tanto en las resistentes como en los tabacos oscuros.

Antes esta situación y en la necesidad de analizar las posibles causas del daño en las variedades que se cultivan, se realizó un estudio de los nemátodos que provocan nodulaciones y que afectan las plantaciones en una extensa área de cultivo en las provincias mencionadas, determinando especies, caracteristicas de los nódulos y tipo de daño.

Material y método. Se analizaron muestras de suelo y tejidos vegetales (raices); las muestras de raices se recolectaron en 21 localidades entre los 400 y 1300 msnm. Se tomaron de 6 a 7 kilos de tierra por hectárea, extraidas a una profundidad de 15 a 20 cm, eliminándose los 5 cm de la superficie. La muestra total para una hectarea fué tomada en 5 puntos a los largo de 100 m. de hilera de cultivo. En cada punto a submuestra se extraían las raices para el correspondiente análisis.

Para la separación de las larvas el suelo fué procesado por el método de Seinhorst y de decantación de Cobb. La separación de las hembras, se hizo ablandando previamente las raices por el método de maceración, con renovación continua de agua a razón de 80 gotas por minuto. La identificación de las especies se hizo mediante la observación de los diseños perineales.

Resultados. Se determinó un alto grado de dispersión del género Meloidogyne. Nacobbus fué detectado en un solo lugar de todos los muestreados y a los 1200 msnm, siendo esta la primera referencia de su presencia en el cultivo mencionado. Los análisis de suelo mostraron el 100% de infestación, aún en suelos recien incorporados a la agricultura. Mayormente se encontró mezclas de especies (Cuadro No. 14).

M. javanica: es la especie de mayor importancia por su predominancia y dispersión en el área tabacalera. Su presencia se manifestó en un 66% en las muestras de raices.

M. incognita: está presente en la mayoría de los casos compartiendo el mismo medio con otras especies de igual género. Se manifestó en un 57% de las muestras analizadas.

M. arenaria: esta especie al igual que M. javanica, se citan por primera vez en el cultivo del tabaco en el pais. Su presencia fué registrada en un 33%, siempre en mezclas con las otras dos especies mencionadas.

Nacobbus aberrans: fue encontrado en un sólo lugar junto a Meloidogyne incognita. Es un hematoide endoparásito sedentario y como el género anterior, con un marcado dimorfismo sexual. La hembra adulta es hinchada con los extremos aguzados y fácil de diferenciar de las hembras de Meloidogyne.

Esta especie se caracteriza por tener entre 15 y 24 anillos entre la vulva y el ano. Los estados juveniles de Nacobbus se parecen a estados larvales de Pratylenchus, siendo la l_2 y la hembra joven los estados más activos; los demás estados larvales (l_3 y l_4) tienen poca movilidad dentro de agallas. En pocas ocasiones se determinó la presencia de estos últimos en el suelo. Esta situación es diferente a la forma infestiva del Meloidogyne.

Daño. Nacobbus y Meloidogyne causan nodulaciones en las raíces y es difícil diferenciar las producidas por un género u otro cuando el ataque es muy severo. Los nódulos provocados por el "falso nemátodo del nudo" al comienzo están aislados, son grandes y aparecen como desplazados del eje central de la raíz. Esta situación no se manifiesta en los nódulos provocados por Meloidogyne spp. Las plantas dañadas a los 30 días se detiene el desarrollo, presentan un crecimiento deficiente y su desarrollo no es uniforme; el follaje es amarillento y en las plantas adultas, la maduración de las hojas es prematura y simultánea, ocasionando inconvenientes en la cosecha, y en la calidad de la producción: además se observa un bajo rendimiento como consecuencia de todo lo mencionado.

Discusión. Los géneros Meloidogyne y Nacobbus provocan nodulaciones causando serios daños al cultivo de tabaco tipo Burley, Virginia (aún en las variedades resistentes), Criollo salteño y Oriental.

Meloidogyne es el género de mayor difusión con las tres especies mencionadas, dos de ellas M. javanica y M. arenaria, junto con Nacobbus aberrans se citan por primera vez como plagas del tabaco en el país.

La presencia de estas nuevas especies de Meloidogyne y Nacobbus aberrans pueden ser el motivo del ataque a variedades del tabaco resistentes a M. incognita que se cultivan en el noroeste, como North Carolina 95, Coker 254 y Coker 347 entre otras.

La dispersión es diferente pero ambos géneros con sus correspondientes especies pueden compartir en algunos lugares el mismo medio o planta.

Es probable que Nacobbus aberrans se encuentre en otras zonas de altura con clima fresco y suelo suelto.

Planes y Actividades Futuras

1. Continuar con el ensayo de rotación en tabaco de acuerdo a lo propuesto en Septiembre de 1981.
2. Ensayos de control químico en tomate y tabaco.
3. Continuar con el estudio de Test diferenciales.
4. Introducir variedades resistentes de tomate, tabaco y poroto y estudiar su comportamiento.
5. Continuar con el envío de masas de huevos a Carolina del Norte extraído de plantas cultivadas y no cultivadas.

ABSTRACT

REPORT ON THE INVESTIGATIONS AND RESULTS OBTAINED IN ARGENTINA FOR THE INTERNATIONAL MELOIDOGYNE PROJECT (IMP)

The purpose of the present investigation is to contribute to the study of the root-knot nematode Meloidogyne sp. and to determine its importance in the regional cultivars. The scarce information available in this country made it necessary for this investigation to be carried out.

Meloidogyne populations were collected in different sites in the northeastern and northwestern provinces of Argentina to form a Bank of Meloidogyne spp. with the purpose of performing an analytical study of the species and other IMP investigations.

Distribution of the nematode in different ecological areas, especially those of the northeastern part of the country, was studied so that more complete information in regard to the identity of species and the severity of the damage to different stages of each cultivar could be gathered. The information in the bibliography indicates that M. incognita is the principal cause of root-knot damage in infected plants. However, in recent studies it was demonstrated that more than one species and genus can cause the nodulations. Of the samples analyzed of tobacco, tomato, bean, potato, squash, grape and banana from the provinces of Catamarca, Tucuman, Salta Jujuy and Misiones, the identification of the perineal patterns corresponded 80% to Meloidogyne javanica; 38% to M. incognita; and 32% to M. arenaria. Mixtures of two of the three species in the same area and even in the same plant were also found. Meloidogyne hapla and what we consider M. decalineata were detected only once in minor infestations of potato and of bean, respectively.

The results of the differential host test for 9 populations indicated the presence of Meloidogyne javanica in four cases; of M. incognita race 1 in three; and of M. incognita race 2 in one. The Hypsoperine sp. that also causes root-knot symptoms was located in wild grasses (Echinocloa sp.). Mixtures of Nacobbus aberrans and Meloidogyne sp. were detected in potato and in tomato in Tucuman, and Nacobbus aberrans and Meloidogyne sp. in tobacco in Jujuy. The species M.

javanica, M. arenaria, M. hapla and M. decalineata were identified for the first time in some of the cultivars of the region. The presence of the genus Hypsoperine sp. in Echinocloa sp. and of Nacobbus aberrans in tobacco are the first references of their existence in Argentina. In our country, we utilize varieties of tomato and tobacco resistant to M. incognita; the presence of other species of Meloidogyne and of other genera such as Nacobbus could well have modified their behavior.

Results of crop rotation trials carried out in La Cocha, Tucuman, with tobacco demonstrated a rapid decrease in soil populations of juveniles 60 days before the planting season in the plots already planted with wheat.

ESTADO ACTUAL DE LAS INVESTIGACIONES SOBRE MELOIDOGYNE SPP.

Graciela M. de Sisler*

La importancia del nemátodo del nudo de la raíz, tanto en cuanto a distribución geográfica como rango de hospedantes, está reconocida desde hace timepo en la Argentina. Se ha determinado la presencia de M. arenaria, M. incognita, M. hapla y M. javanica en una variedad de huéspedes: forestales (sauce alamo, alamo, palo borracho, eucalipto), industriales (tabaco, arroz, yerba mate, algodonero, soja), frutales (duraznero, ciruelo) y hortalizas (apio, pimiento, acelga, batata, berenjena, papa, tomate, zanahoria).

La gran superficie dedicada a los cultivos hortícolas en el Gran Buenos Aires (Argentina), unido a la susceptibilidad de éstos a Meloidogyne spp., convierten a éste y a otros nemátodos con los que se presenta frecuentemente asociado (E. Chaves y G. Sisler, 1980) en uno de los principales problemas para los productores. Por este motivo, se han encarado desde hace cinco años una serie de investigaciones tendientes al mejor manejo de la plaga, las que detallo a continuación.

Efecto de la Fertilizacion Sobre la Incidencia de Meloidogyne incognita

En este trabajo se buscó orientar el manejo adecuado de la fertilización, como práctica cultural para lograr menor incidencia del nemátodo. Se experimentaron los macronutrimentos nitrógeno, fósforo y potasio, en ensayos realizados en condiciones de invernáculo y de campo. En invernáculo se cultivaron plantas de tomate (Lycopersicon esculentum Platense y L. esculentum Ronita sel. La Consulta) en arena, recibiendo soluciones nutritivas completa y deficiente en nitrógeno, fósforo y potasio. A campo se cultivó L. esculentum, Platense en tierra de huerta esterilizada y fertilizada siguiendo el diseño empleado en el trabajo de invernáculo. La infección, en ambos casos, se realizó al mes del transplante con una suspensión de huevos.

Los resultados de este ensayo (E. Rivero y G. Sisler, 1978) demostraron que una nutrición completa confirió mayor tolerancia al

---

*Universidad de Buenos Aires, Facultad de Agronomia, Argentina

hospedante. Así lo reflejaron los datos analizados: peso fresco, altura, peso de frutos, análisis foliar y recuento de agallas y de huevos. A su vez, de las plantas sujetas a tratamientos carenciales, las deficientes en potasio fueron las más afectadas.

Influencia de la Fecha de Transplante Sobre la Incidencia de M. incognita

Se estudió la patogenicidad de M. incognita en un cultivo de tomate (Sisler et al., 1979) en tres condiciones ambientales diferentes, correspondientes a los períodos delimitados por tres fechas de transplante distanciadas cinco semanas entre cada una.

Los plantines de tomate CV. Triuque INTA, se inocularon con una suspensión de huevos 15 días antes del transplante a campo, el cual había sido previamente tratado con bromuro de metilo.

La respuesta de la planta al ataque del nematode se evaluó por medio del recuento del stand de plantas, rendimiento, altura, momento de floración y fructificación. Se determinó asimismo el número de agallas y de masas de huevos al final del ensayo, y en raleos efectuados durante el primer mes. Se encontró que en el tratamiento 1 (transplantado en primer término) el lapso comprendido entre el transplante y la aparición de masas de huevos fue 20 días mayor que en el tratamiento 3 (transplantado 10 semanas después que el tratamiento 1). Este hecho se atribuyó a que en el tratamiento 1 la amplitud térmica del suelo fue 2 ^{o} C menor que en el tratamiento 3.

Por otra parte, se observó que en el tratamiento 1 los rendimientos fueron significativamente mayores (a nivel de 5%) que en el tratamiento 3. Las diferencias de rendimiento entre los tratamientos 1 y 2, y entre 2 y 3 no fueron significativas.

Respuesta de Varios Cultivares de Tomate y Pimiento al Nemátodo del Nudo de la Raíz

Se estudió el grado de susceptibilidad a Meloidogyne incognita raza 3, de algunos cultivares de tomate y pimiento. El ensayo se llevó a cabo en invernáculo. Se sembró en suelo esterilizado y en el momento de la inoculación se raleó a 10 plantas por maceta, empleándose tres macetas para cada cultivar en estudio. El índice utilizado para determinar el número de agallas y de huevos fue el mismo que se emplea en el Test de hospedantes diferenciales de Carolina del Norte (de 0 a 5).

Huésped	Cultivar	Nro. de agallas	Nro. masas de huevos	Indice
Tomate	Platense sel. local	32	45	4
	Platense Sais	40	48	4
	Triuque	30	39	4
	Planeuco	3	0	0
	Ronita	1	0	0
Pimiento	Ñora 504 a 12	2.1	2.0	1
	Calahorra	3.1	3.4	2
	Calchaquí	3.7	4.0	2
	California Wonder	3.0	3.4	2
	Keystone	1.9	2.0	1
	Ambato	5.2	5.6	2

Relación Entre la Densidad de Población de Meloidogyne spp. y las Pérdidas Producidas en Cultivos Hortícolas Estivales

El objetivo de este trabajo es fundamentalmente, determinar la menor densidad de Meloidogyne incognita capaz de producir daño económico, para cuyo fin se procurará obtener una curva que relacione la densidad de población del nemátodo con el rendimiento de diversos cultivos hortícolas. Este trabajo, que comenzó en la temporada 1981/82, se repetirá 3 años para cada cultivo.

En un ensayo de campo se efectuó, durante este verano, la infestación artificial de microparcelas cultivadas con plantas hortícolas, con diferentes densidades de población, siguiendo un diseño de bloques al azar. Cada microparcela estuvo representada por una maceta de polietileno de 30 cm de diámetro y 50 cm. de profundidad, que se llenó con suelo esterilizado. En el momento del transplante se inoculó con 0, 600, 2000, 6000 y 18,000 huevos según el tratamiento. Al finalizar el ensayo se determinarán los rendimientos y el número de agallas y de huevos.

La importancia de los resultados a obtener radica fundamentalmente en poder precisar entre la mera presencia de M. incognita en un cultivo y la densidad de población capaz de ocasionar un significativo perjuicio reflejado en la contidad y/o calidad de la cosecha.

ABSTRACT

REPORT OF THE ON-GOING INVESTIGATIONS ON *MELOIDOGYNE* SPP.

Five years ago the importance of *Meloidogyne* spp. as pests of horticultural crops led to a series of investigations aimed at improved disease management. The problem was approached in various ways:

1. The influence of fertilization on the damage caused by *M. incognita* in tomato cultivars was studied.

2. Within the same cultivar, an attempt was made to reduce nematode populations by establishing and utilizing the best date for transplanting in our region.

3. Some horticultural crops are being screened to determine their reaction to the root-knot nematode.

4. A three-year work program has started with the objective of determining the threshold density of *M. incognita* capable of producing economic damage to summer horticultural crops.

OBSERVACIONES SOBRE LA SITUACION DEL "NEMATODO DEL NUDO" MELOIDOGYNE SP. EN LA SIERRA Y ORIENTE ECUATORIANOS

Mario Défaz

Este trabajo tiene los siguientes objetivos:

1. Determinar, identificar y registrar zonas infestadas con este patógeno.
2. Recolectar e identificar especies del género Meloidogyne.
3. Mantener las especies identificadas en invernadero, para futuros trabajos de resistencia genética.
4. Evaluar varios factores ecológicos y biológicos que tienen relación a la persistencia de este patógeno.

Con el fin de cumplir con el primer objetivo se efectuaron muestreos del sistema radicular de cultivos de importancia económica y malezas de una zona representativa elegida previamente según normas establecidas en el laboratorio (Cuadros 1 & 2, Fig. 1).

El segundo y tercer objetivo se cumplen efectuando inoculaciones con estos patógenos en plantas sembradas en macetas y crecidas en invernadero. La presencia o ausencia de agallas en el sistema radicular, indican su susceptibilidad o resistencia de cada cultivo y/o maleza.

A continuación consideramos el listado preliminar de las observaciones efectuadas durante el año agrícola 1980-1981, con sus datos más sobresalientes:

		Sitio	m.s.n.m.	Tipo de suelo
	Provincia del Carchi			
1	Cantón Montúfar	La Caldera	1750	areno-arcilloso
	Provincia de Imbabura			
2	Cantón Antonio Ante	Atuntaqui	2350	arenoso
3	Cantón Cotacachi	Cotacachi	2230	areno-arcilloso
4	Cantón Ibarra	Ibarra	2330	areno-arcilloso
5	Cantón Ibarra	Chaltura	2300	areno-arcilloso
6	Cantón Ibarra	Chota	1600	arenoso
7	Cantón Ibarra	Cahuasquí	2300	arenoso
8	Cantón Ibarra	El Juncal	1750	arenoso
9	Cantón Ibarra	Pimampiro bajo	2200	arenoso
10	Cantón Ibarra	Pimampiro alto	2600	areno-arcilloso
11	Cantón Ibarra	Tumbabiro	2090	arenoso

		Sitio	m.s.n.m.	Tipo de suelo
	Provincia de Cotapaxi			
12	Cantón Salcedo	Chipualo	2600	arenoso
	Provincia de Tungurahua			
13	Cantón Pelileo	Pelileo	2100	areno-arcilloso
14	Cantón Ambato	Izamba	2530	areno-arcilloso
15	Cantón Baños	El Agoyán	1670	areno-arcilloso
	Provincia del Chimborazo			
16	Cantón Ilapo	Sabañag	3000	arcilloso

Resultados

Por los cortes perineales efectuados se tiene como resultado que a excepción de Meloidogyne hapla encontrado en zanahoria blanca (Arracacha esculenta) en el Juncal (8). Todos los cortes pertenecen a Meloidogyne incognita.

Se piensa enviar todo el material a Carolina del Norte para su confirmación una vez que hayamos obtenido las respectivas matrices. Este trabajo se continuará por tiempo indefinido.

Cuadro 1. Presencia de agallas del "nemátodo del nudo" en cultivos económicos de 3 provincias de la Sierra Ecuatoriana.

Familia	Nombre Cientifico	Nombre Comun	Localidades															
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Lauraceae	Persea drymifolia	Aguacate						+										
Leguminosae	Medicago sativa	Alfalfa							+	+				+	+			
Leguminosae	Pisum sativum L.	Alverja													+			
Solanaceae	Capsicum annum	Ají										+						
Asteraceae	Pimpinella anisum	Anís										+						
Brassicacede	Spinacia oleracea	Acelga																
Caricaceae	Carica peutagona	Babaco				+											+	
Cruciferae	Brassica oleracea L.	Col																
Cruciferae	Spinacea oleracea	Espinaca													+			
Leguminosea	Phaseolus vulgaris L.	Frejol	+	+			+	+	+		+				+			
Solanaceae	Datura sanguinea	Guantug																
Leguminosae	Vicia faba L.	Haba									+							
Compositae	Lactuca sativa	Lechuga														+		+
Graminae	Zea maiz L.	Maiz			+				+									
Cruciferae	Brassica rabus	Nabo																
Solanaceae	Solanum antigenum	Papa					+		+					+	+	+		
Caricacea	Carica papaya	Papaya						+					+					
Solanaceae	Solanum muricatum	Pepino									+							
Umbeliferae	Petroselinum sativum	Perejil													+			

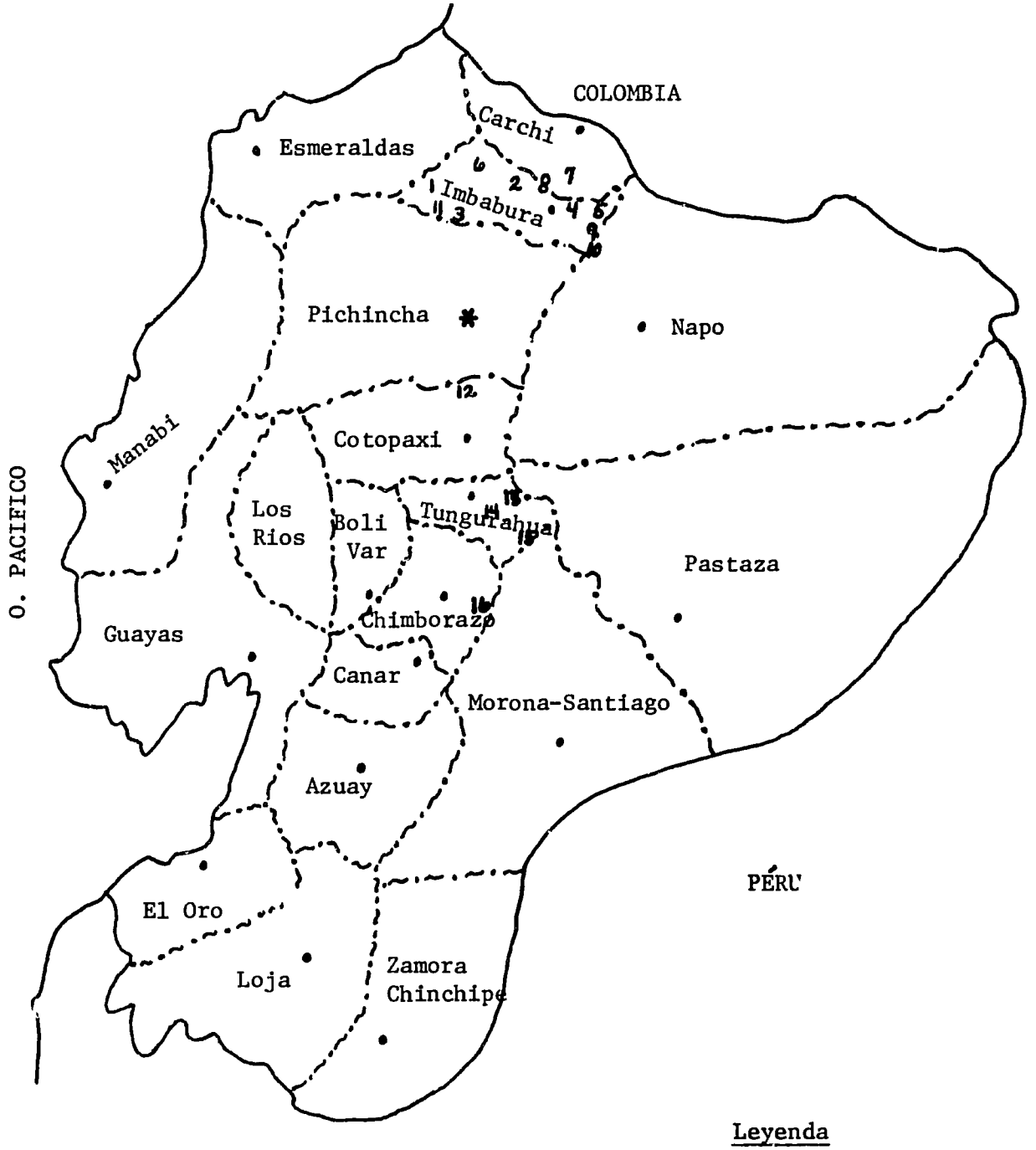
Cuadro 1. (Cont.)

Familia	Nombre Cientifico	Nombre Comun	Localidades															
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Quenopodiaceae	Beta vulgaris	Remolacha														+		
Solanaceae	Cyponandra betacea	Tomate de árbol															+	
Solanaceae	Lycopersicon esculentum	Tomate riñón	+					+							+			
Leguminoseae	Phaseolus?	Vainita	+															
Euforbiaceae	Manihot utilissima	Yuca						+	+									
Umbelíferae	Arracacha esculenta D.C.	Zanahoria blanca								+								
Solanaceae	Solanum marginatum	Faba naranjilla			+													

Cuadro 2. Presencia de agallas del "nemátodo del nudo" malas hierbas de 3 provincias de la Sierra Ecuatoriana

Familia	Nombre Cientifico	Nombre Comun	Localidades															
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Amarantaceae	Amaranthus blitum	Bledo						+	+			+	+	+				
Portulaceae	Portulaca oleraceae	Berdolaga	+			+					+	+		+	+			
Leguminosae	Tephrosia toxicuria	Barbasco													+			
Compositae	Sonchus asper	Canayuyo													+			
Chenopodiaceae	Chenopodium paniculatum	Ceniso												+				
Compositae	Sonchus oleraceus	Cerraja												+				
Compositae	Taraxacum officinale	Diente de León										+		+				
Compositae	Gallinsoga cilata	Gallinsoga	+	+		+	+	+				+						
Graminae	Cynodon dactylon L.	Grama																
Leguminosae	Cassia occidentalis	Habilla											+					
Solanaceae	Solanum nigrum	Hierba mora		+														
Plantiaginacea	Plantago major L.	Llanten				+	+											
Solanaceae	Solanum marginatum	Lulo de perro	+		+								+					
Malvaceae	Althea rosea Cav.	Malva	+	+			+	+	+	+			+		+			
Compositae	Matricaria chamamilla	Manzanilla						+			+	+						
Convolvulaceae	Ipomoea congesta	Porotillo																
Chenopodiaceae	Chenopodium paniulatum	Sacha quinoa					+	+	+				+	+	+			
Leguminoceae	Trifolium repens	Trébol rastreo								+								
Leguminoceae	Trifolium incarnatum	Trébol rojo																

Figure 1. Mapa de Ecuador



Leyenda

* Capital de la República
• Capital de Provincia

VARIACION DE POBLACIONES DE NEMATODOS PARASITOS MEDIANTE LA ROTACION DE CULTIVOS EN LA PARTE BAJA DE LA E. E. STA. CATALINA

Mario Défaz

Importancia

Los daños causados por nemátodos parásitos son cada vez más alarmantes, pudiendo deberse fundamentalmente al cultivo continuado de plantas susceptibles en un mismo suelo, movidos principalmente por objetivos de carácter económicos mas no técnicos, por ejemplo los cultivos de papa y de tomate que se realizan en nuestro país cuyas poblaciones de nemátodos como Globodera y Meloidogyne, respectivamente, alcanzan niveles tan altos que se transforman en factor limitante para sus rendimientos.

Esta investigación se lleva a cabo en la Sección Oriental de la Estación Experimental Santa Catalina (2.600 m.s.n.m.). En un lote de terreno de 1225 mt. (35 x 35) fueron sembrados los siguientes cultivos: alfalfa, maíz, zanahoria, arveja, fréjol, tomate, papas y tagetes en parcelas de 35 mt. x 3 mt. dejando una parcela más en barbecho, la técnica usada será la recomendada por Oostenbrink 1964, "Rotación en cruz."

Su principal objetivo es mantener un conjunto de parcelas de varios cultivos en rotación, para estudiarlos a través del tiempo la confección de las poblaciones de nemátodos para observar los posibles cambios que pueden suceder debido a la mayor o menor susceptibilidad de los cultivos o determinadas especies. Lo anterior permitirá con el tiempo recomendaciones concretas respecto a rotación de cultivos como un método de control de nemátodos.

Previo a la siembre se efectuó el muestreo de la población inicial (Pi) nemátodos filiformes, cuyos resultados los consideramos en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Géneros de nemátodos parásitos en varios cultivos[1/]

	Alfalfa	Maíz	Zanahoria	Arveja	Fréjol	Tomate	Paja	Tagetes	Barbedro
Dorylaimus	4	4	-	7	15	17	24	35	28
Helicotylenchus	28	42	30	11	17	33	24	29	24
Larvas de *Meloidogyne*	11	9	40	11	15	4	4	4	2
Mononchus	2	-	2	2	9	11	6	13	18
Paratylenchus	13	24	-	7	2	6	11	-	2
Trichodorus	-	-	-	-	2	-	-	-	-
Saprofitos	435	497	888	482	546	866	771	577	464
Otros Tylenchidos	144	126	221	151	155	326	371	175	164

[1/] Promedio de 9 parcelas de 20 punciones c/u.

EVALUACION DE LA RESISTENCIA DE GERMOPLASMA DE TOMATE (LYCOPERSICON ESCULENTUM) AL "NEMATODO DEL NUDO" (MELOIDOGYNE SPP.)

Mario Défaz

Este ensayo se lo llevó a cabo en el invernadero de la Estación Experimental Santa Catalina.

El principal objetivo que se persiguió fue el de conocer las reacciones de resistencia o susceptibilidad de 30 líneas de tomate (Cuadro 1) al "nemátodo del nudo," Meloidogyne sp. (posiblemente incognita).

Materiales y Metodos

Macetas de 400 cc de capacidad fueron llenadas con suelo infestado por Meloidogyne (cuatro por línea), en las cuales se colocó 3 gramos de fertilizante 10-30-10 y se transplantaron plántulas de tomate de aproximadamente seis seis semanas de edad.

La presencia o ausencia de agallas en el sistema radicular, indicaron su resistencia o susceptibilidad. La calificación se realizó a los dos meses del transplante.

Resultados

Al realizar las lecturas del sistema radicular, se observaron dos tipos de agallas, unas pertenecientes a Meloidogyne sp. y otros pertenecientes a Nacobbus sp., lo cual demostró que el suelo utilizado contenía una mezcla de estos patógenos.

Ante esta situación se procedió a calificar las plántulas para ambos nemátodos, labor que se facilitó a tomar en cuenta que las agallas de Nacobbus se presentaban en las raíces cercanas a la superficie y, las de Meloidogyne en las raíces más profundas.

En la anterior Tabla, se observa que las variedades: 71-L-6961-malacatus, 79-B-1371, Anabur, Atkinson, 71-L-941-Tena, Red-Rok, 71-L-953-Esmeraldas y 798-1390 presentaron resistencia a Meloidogyne sp. y susceptibilidad a Nacobbus sp.

Por otro lado, en la misma Cuadro 1, se puede ver que las variedades: Auburn 76, Terrifie, VFN Bush, son susceptibles a Meloidogyne sp. y resistentes a Nacobbus sp.

Las restantes variedades presentaron susceptibilidad a los dos patógenos.

Cuadro 1. Variedades y número de plantas de tomate evaluadas y reacción a *Meloidogyne* sp y *Nacobbus* sp.

No.	Variedades	No. de Plantas	Reacción Meloidogyne	Reacción Nacobbus
1	1637-1-Esmeraldas	0		
2	71-L-961-Malacatos	1	-	+
3	79-B-1323	0		
4	79-B-1371	2	-	+
5	290-F8	4	+	+
6	293-F10	4	+	+
7	Auburn 76	4	+	-
8	Auburn	1	-	+
9	Terrifie	4	+	-
10	2-L-1300-Puna	4	+	+
11	Atkinson	4	-	+
12	VFN Bush	3	+	-
13	71-L-934-Sucua	0		
14	71-L-941-Tena	1	-	+
15	71-L-935-Sucua	2	+	+
16	71-L-936-Macas	3	+	+
17	73-L-2959-1-Galápagos	0		
18	75-L-748-7-Loja	4	+	+
19	NY-475	3	+	+
20	RED-ROK	2	-	+
21	289-F7	1	+	+
22	73-L-1194-Daule	2	+	+
23	71-L-953-Esmeraldas	1	-	+
24	71-L-963-Loja	2	+	+
25	NY-280	0		
26	VF-71-483	3	+	+
27	291-F9	2	+	+
28	VFN-8	2	+	+
29	71-L-952-Esmeraldas	0		
30	798-1390	1	-	+

Planes Para el Futuro

1. Con el fin de encontrar un sistema técnico-práctico de alternabilidad de cultivos para controlar al "nemátodo del nudo" particularmente y de otros géneros de nemátodos patógenos en forma general, se está diseñando una serie de ensayos en cada uno de los sitios de la sierra ecuatoriana en los que se ha detectado ataques severos de este patógeno; teniendo en cuenta limitantes como: especies y razas del patógeno, variabilidad de la resistencia de los cultivos y/o variedades al patógeno, adaptación de las variedades a condiciones ambientales del lugar y sobre todo el valor económico de los cultivos.

2. Todas las poblaciones del "nemátodo del nudo" obtenidad en el ensayo de Reconocimiento y distribución, se mantienen a nivel de invernadero para su incremento poblacional, para futuras investigaciones de búsqueda de resistencia a las diferentes especies y/o razas del patógeno en Hortalizas, Leguminosas y Frutales, que son los cultivos detectados como susceptibles y con bajas sensibles en sus rendimientos.

3. Planificar ensayos de controles culturales, químicos y biológicos en búsqueda de un control integrado del patógeno.

AVANCES DE INVESTIGACION SOBRE EL GENERO MELOIDOGYNE EN ECUADOR

Ramiro Eguiguren

INTRODUCCION

El género Meloidogyne spp. está distribuido desde el nivel del mar hasta los 3.000 m.s.n.m. Se considera que su distribución es del orden del 50%, tanto en suelos cultivados, como en aquellos con vegetación natural.

Entre las especies más prevalentes está M. incognita, distribuida tanto en la costa como en la sierra. Se encuentra parasitando raíces de tomate, fréjol, col, papaya, pimiento, arveja, habas, tabaco y babaco. La Raza 1 de esta especie es la más generalizada; se la encontró parasitando raíces de tomate en Malacatus (Loja), y raíces de tabaco en Boliche (Guayas). La Raza 2 no es dispersa e. á localizada en Guano (Chimborazo). La Raza 4 que es la más virulenta se la encontró parasitando raíces de tomate en La Toma (Loja).

M. hapla, se colectó de papa en el Carrizal (Carchi) y Machachi (Pichincha). Parasita también zanahoria y lechuga en la zona de Gatazo (Chimborazo); estas regiones están sobre los 2.800 m.s.n.m., con temperaturas hambiente menores a 12°C. Solo hubo un registro de M. hapla atacando Ipomea sp. en una región baja, (Zapotillo) 800 m.s.n.m. con temperatura hambiente mayor a 24°C.

M. arenaria, se encontró parasitando raíces de piretro en Cotacachi (Imbabura) y fréjol en Checa (Pichincha).

En un futuro cercano, esperamos tener respuesta de UCN confirmando las identificaciones y registros de las diversas razas.

Los síndromes se agravan cuando el nemátodo se asocia con otros microorganismos patógenos del suelo, creando problemas fitosanitarios de difícil solución como:

Meloidogyne, Trichodorus y Fusarium, en tomate; Meloidogyne, Nacobbus y Fusarium en tomate; Meloidogyne, Rhizoctonia y Fusarium en pimiento, Meloidogyne, Radopholus y Fusarium en banano.

Por razones de movilización nuestro trabajo se ha concentrado en los valles interandinos, enfocando los problemas más graves que se presentan en los siguientes cultivos:

Hospedero	Patogeno	Area cosechada	Rendimiento t/ha
Lechuga	M. hapla	500 ha	13.6
Tomate	M. incognita R1	2.500 ha	14.8
Zanahoria	M. hapla	1.200 ha	7.6
Fréjol	M. incognita R1	48.156 ha	0.55
Naranjilla	M. incognita	20.000 ha	0.5

Los bajos rendimientos posiblemente se deben entre otras causas, al alto grado de infestación de las zonas productoras. Además el área cosechada se ha reducido en 60%.

Para dar una solución adecuada hemos creído conveniente estudiar medidas relacionadas con el "combate integrado," el mismo que involucra: combate químico, resistencia genética, rotación de cultivos, medidas legislativas y cuarentenarias, combate biológico y ecológico, labores culturales etc.

RESISTENCIA AL NEMATODO DEL NODULO

Materiales y Métodos

Bajo condiciones de invernadero (18 - 26°C) se midió el efecto del nemátodo sobre las principales variedades de algunos cultivos importantes de la sierra ecuatoriana. Como inóculo se utilizó huevos de M. incognita Raza 1, proveniente de Boliche y mantenida en plantas de tomate var. Jefferson. Los huevos fueron extraídos de la matríz por la técnica de Hussey y Barker (1) que consistió en lavar raíces del hospedante, se cortaron en pequeños pedazos (2 cm), se agitaron por 3 minutos en una solución de NaOCl al 0.5%, luego se tamizó por 75 y 30μ recolectando al patógeno en el ultimo cedazo; se lavó el exceso de NaOCl y se ajustó el nivel poblacional a 5.000 h/500 cm^3 macetero.

El suelo utilizado consistió en una mezcla de 50% de tierra orgánica y 50% de arena de río, esterilizados parcialmente a 1.03 at y 21°C. El inóculo se puso el momento del transplante junto al sistema radicular de las plántulas de 5 cm de alto, en maceteros de 500 cm^3 de capacidad. La población final y daños al sistema radicular se determinó a los 60 días de inoculadas, según la norma diseñada por IMP (3): 0 = 0 nódulos o matrices; 1 = 1-2 nódulos

o matrices; 2 = 3-10; 3 = 10-30; 4 = 31-100; 5 = más de 100. El diseño experimental fue de bloques completos al azar con cuatro repeticiones.

Resultados

Fréjol. La línea E 496 fue la única altamente resistente al patógeno, mientras que las líneas E 290 y E 657 fueron medianamente susceptibles (Tabla 1). El resto de las líneas se consideran como altamente susceptibles a M. incognita R1; con esto se confirma que las rotaciones de cultivos aconsejadas para la provincia de Imbabura y otras regiones hortícolas están mal diseñadas. Si se recomienda fréjol como componente de las rotaciones se deberá incluir la Línea E 496, para zonas infestadas con el patógeno; otras líneas como E 290, y E 657 podrán ser recomendadas para zonas con poblaciones bajas; las líneas restantes caracterizadas por su gran producción podrán ser utilizadas en aquellas zonas excentas del patógeno, con el fin de evitar aumentos exagerados de los niveles poblacionales y diseminación del nemátodo.

Maíz. De las 10 variedades, difundidas en la sierra, se detectan tres hechos importantes: a) la mayoría de las variedades poseen resistencia a M. incognita y son todas las variedades con un índice de reproducción del nemátodo menor a la unidad ($a < 1$); b) tres variedades son tolerantes esto es que pueden tener altos rendimientos en presencia de altos niveles poblacionales, con el inconveniente de mantener las poblaciones a un nivel constante; c) solo dos variedades INIAP 176 y Chulpi fueron susceptibles; lógicamente no podrán intervenir en un programa de combate integrado (Tabla 2).

Naranjilla. Todas las variedades y líneas fueron susceptibles al patógeno. Se pensó encontrar algún tipo de resistencia en las variedades silvestres pero todas tuvieron grados elevados de susceptibilidad (Tabla 3).

Tomate. Las líneas de tomate cedidas por Dr. Francisco Munoz, Departamento de Papa y Hortalizas INIAP, demostraron en su mayoría resistencia a M. incognita; las líneas son muy promisorias pues las variedades progenitoras demostraron en años anteriores resistencia al patógeno; aunque la población de Meloidogyne

Tabla 1. Susceptibilidad de algunas líneas de fréjol a *M. incognita* R1.

Hospedante		Poblaciones h/500 cm^3		a =	Indice de
Especie	Línea	Inicial (Pi)	Final (Pf) x 1.000	Pi/Pf	nodulación
Phaseolus vulgaris	E 290	5.000	36,2	7	1
Phaseolus vulgaris	E 295	5.000	370,5	74	4
Phaseolus vulgaris	E 306	5.000	542,4	108	5
Phaseolus vulgaris	E 310	5.000	345,6	69	4
Phaseolus vulgaris	E 317	5.000	211,2	42	4
Phaseolus vulgaris	E 332	5.000	125,3	25	3
Phaseolus vulgaris	E 366	5.000	155,9	31	3
Phaseolus vulgaris	E 398	5.000	343,4	68	4
Phaseolus vulgaris	E 457	5.000	468,4	93	4
Phaseolus vulgaris	E 496	5.000	0,6		0
Phaseolus vulgaris	E 531	5.000	565,0	113	5
Phaseolus vulgaris	E 545	5.000	452,9	90	4
Phaseolus vulgaris	E 621	5.000	417,4	83	4
Phaseolus vulgaris	E 657	5.000	24,5	4,9	1
Phaseolus vulgaris	E 779	5.000	372,7	74	4
Phaseolus vulgaris	E 781	5.000	644,5	128	5
Phaseolus vulgaris	E 817	5.000	252,2	50	4
Phaseolus vulgaris	E 818	5.000	204,5	40	4

Tabla 2. Susceptibilidad de algunas variedades de maíz a *M. incognita* R1

Especie	Variedad	Poblaciones h/500 cm^3 Inicial (Pi)	Final(Pf) x 1.000	a= Pi/Pf	Indice de nodulación
Zea mays	INIAP 101	5.000	7.06	1.4	1.0
Zea mays	INIAP 125	5.000	2.94	0.59	0.5
Zea mays	INIAP 126	5.000	1.78	0.36	0.5
Zea mays	INIAP 128	5.000	2.60	0.53	0.7
Zea mays	INIAP 151	5.000	5.69	1.14	1.0
Zea mays	INIAP 153	5.000	0.109	0.02	0
Zea mays	INIAP 178	5.000	1.59	0.32	1.0
Zea mays	Canguil	5.000	5.21	1.04	1.0
Zea mays	INIAP 176	10.000	583.3	53	4.0
Zea mays	Chulpi	10.000	389.1	38	4.0

Tabla 3. Susceptibilidad de algunas variedades de naranjilla a *M. incognita* R1.

Especie	Línea	Poblaciones h/500 cm^3 Inicial (Pi)	Final (Pf) x 1.000	a = Pi/Pf	Indice de nodulación
Solanum quitoense	005	10.000	233	22.3	5
Solanum quitoense	006	10.000	50	5.0	4
Solanum quitoense	22	10.000	136	13.6	4
Solanum quitoense	23	10.000	251	25.1	4
Solanum quitoense	24	10.000	188	18.8	4
Solanum quitoense	25	10.000	195	19.5	4
Solanum quitoense	26	10.000	165	16.5	4
S. ahirtum	10	10.000	43	4.3	4
S. cocona	11	10.000	146	14.6	4
S. mamosum	12	10.000	106	10.6	3

proviene de diversos orígenes todas pertenecen a M. incognita, falta que UCN nos confirme la raza. Los trabajos continuarán para establecer resistencia a poblaciones elevadas, pues constituyen las variedades resistentes uno de los métodos para combatir en forma económica al nemátodo (Tabla 4).

COMBATE QUIMICO

Se estudió el efecto de cuatro nematicidas y dos formas de aplicarlos, bajo condiciones de campo localizando el ensayo en el Valle del Chota, con el objeto de combatir los nemátodos asociados con plantas de tomate, var. Marglobe. Las características del suelo tuvieron los siguientes parámetros: textura franco arcilloso (44% arena, 34% limo, 35% arcilla); horizonte A 50 cm, pH 7.2; materia orgánica 3.5%; N 37 mg/cm^3, P_2O_5 17 mg, K_2O 200, Ca 10 meq/100g; Mg 1 meq/100g; temperatura hambiente 21^oC; precipitación 620 mm/año.

El diseño experimental fue de bloques al azar con cuatro repeticiones. Las parcelas fueron fertilizadas con 750 kg/ha de sulfato de amonio, 200 kg/ha superfosfato triple y 100 kg/ha de cloruro de potasio; ellos fueron distribuidos al boleo en el fondo del surco e incorporados al suelo una semana antes del transplante. Los nematicidas granulados fueron incorporados al momento del transplante, método A; un mes después del transplante método B; se añadió una parcela adicional con cultivo asociado de Tagetes sp. Las parcelas fueron mantenidas usando prácticas normales de cultivo; el riego fue oportuno hasta llegar a la capacidad de campo. Las enfermedades foliares fueron combatidas con Mancazeb (0.25%).

Para evaluar las poblaciones de nematódos se tomaron muestras de suelo antes de aplicar los nematicidas, una vez durante el cultivo, y la última a la finalización del cultivo (cuatro meses). Las muestras fueron tomadas a 15 cm de profundidad con barreno haciendo 30 punciones/parcela; los nemátodos fueron recuperados con el procedimiento de Cobb y cotton-wool de Oostenbrink.

El índice de nodulación no fue un parámetro exacto para juzgar la eficacia de los nematicidas (Tabla 5) debido a que mucho sistema radicular queda atrapado en el suelo; en cambio el

Tabla 4. Susceptibilidad de algunas lineas y variedades de tomate a Meloidogyne sp.

Línea F1 o Variedad	Origen Población M.	Población inicial h/500 cm^3	Indice de nodulación	Especie de Meloidogyne
22	Juncal	2.600	3 S (x)	incognita
24	Cahuasquí	2.600	5 S	incognita
25	Atuntaqui	2.600	0 R	incognita
28	Atuntaqui	2.600	0.6 R	incognita
30	Atuntaqui	2.600	0.0 R	incognita
31	Cotacachi	2.600	0.0 R	incognita
32	Chota	2.500	0.0 R	incognita
33	Boliche	5.000	0.0 R	incognita R1
34	Caldera	1.100	0.5 R	incognita
35	Pimampiro	2.800	1.0 R	incognita
41	La Pradera	2.400	3.0 S	incognita
42	La Pradera	2.400	3.0 S	incognita
43	Caldera	2.000	3.0 S	incognita
45	Chaltura	2.000	0.0 R	incognita
46	Chaltura	2.000	0.0 R	incognita
48	Atuntaqui	2.200	0.3 R	incognita
51	Atuntaqui	2.200	0.3 R	incognita
52	Izamba	2.000	0.0 R	incognita
53	Izamba	2.000	0.0 R	incognita
57	Boliche	5.000	0.0 R	incognita R1
61	Boliche	5.000	4.0 S	incognita R1
62	Boliche	5.000	0.0 R	incognita R1
63	Boliche	5.000	0.5 R	incognita R1
64	Boliche	5.000	5.0 S	incognita R1
Calace	Boliche	5.000	3.0 S	incognita R1
Atkinson	Boliche	5.000	0.0 R	incognita R1
Jefferson	Boliche	5.000	3.5 S	incognita R1
31	Recoletilla	2.000	1.0 R	hapla

(x) S = Variedad susceptible

R = Variedad resistente

Tabla 5. Efecto de algunos nematicidas y métodos de aplicación sobre el rendimiento de tomate y diversos niveles poblacionales

Nematicida	Dosis Kg ia/ha	Metodo de aplicación	Indice de nodulación[1/]	Rendimiento t/ha	Pf nemátodos/100 cm^3 de suelo					
					M[3/]	He	Ty	T	D	S
Oxamil 10 G	10	A	2.0 a [2/]	41.0 a	20 a	0 a	40 b	70 b	26 ab	290 a
Ethoprop 10 G	10	A	3.0 a	34.0 bc	26 a	0 a	0 a	60 b	0 a	230 a
Carbofuran 5 G	10	A	2.0 a	37.0 ab	40 ab	10 a	10 b	60 b	0 a	290 a
Fenamifos 5 G	10	A	3.0 a	35.5 bc	50 ab	10 a	10 b	70 b	0 a	220 a
Oxamil 10 G	10	B	2.4 a	33.7 bc	23 a	0 a	60 b	10 a	10 ab	190 a
Ethoprop 10 G	10	B	2.5 a	30.2 cd	33 ab	0 a	50 b	90 c	30 b	300 ab
Carbofuran 5 G	10	B	3.0 a	29.7 d	60 b	20 b	20 a	80 c	0 a	270 ab
Fenamifos 5 G	10	B	3.0 a	31.6 cd	40 ab	20 b	40 b	90 d	10 ab	300 ab
Testigo + Tagetes		-	3.9 ab	22.2 e	50 ab	10 a	30 b	30 b	50 b	360 b
Testigo	-	-	4.5 b	18.0 f	100 c	80 c	80 c	60 c	60 c	450 c

A = Distribuido e incorporado al suelo el momento del transplante.

B = Distribuido e incorporado al suelo el 1 mes después del transplante.

[1/] Indice de nodulación: 0 = nódulos o matrices, 1 = 1-2 nódulo c matrices; 2 = 3-10; 3 = 11-30; 4 = 31-100; 5 = más de 100.

[2/] Grupos de significación diferentes al nivel 0.05 de acuerdo a la prueba de Duncan.

[3/] Nemátodos: M = larvas de Meloidogyne; He = Helicotylenchus; Ty = Tylenchorhynchus; D = Dorylaimus; S = Saprófitos.

rendimiento y el nivel poblacional constituyeron parámetros relativamente precisos; así se demostró que Oxamil se destaca con mejor rendimiento y bajo nivel poblacional que el resto de nematicidas. En general el método de aplicación al momento del transplante (A) fue mejor que al aplicar los nematicidas un mes después (B).

No se observó reacciones fitotóxicas de ningún nematicida. Todos los productos demostraron su efecto tóxico para los nemátodos fitoparásitos como para la nematofauna benéfica constituida por: Dorylaimus sp., Mononchus sp., Rhabditis sp., etc., este aspecto debe ser tomado con mucha atención en países cálidos puesto que la nematofauna benéfica como microorganismos predatores son drásticamente reducidos, su recuperación fue muy lenta en comparación con las formas fitoparásitas, que lo hicieron en menor tiempo.

En el cultivo asociado tomate-tagetes se observó que la población nematológica se redujo considerablemente pero el rendimiento no se elevó a un nivel económicamente razonable. Otros estudios deberán ser llevados a cabo para involucrar a tagetes en un diseño de combate integrado.

No se pudo establecer una relación patogénica de Helicotylenchus vs. tomate.

PROSPECCION DE MICROORGANISMOS ANTAGONICOS (PARASITOS Y PREDATORES DE MELOIDOGYNE) COMO BASE DE UN PROYECTO DE COMBATE BIOLOGICO

Mientras se efectuaba la recolección de poblaciones de Meloidogyne para remitirlas a UCN, notábamos que muchas plantaciones de tomate y hortalizas cultivadas en la Sierra y Costa, a pesar de encontrar altos niveles de infestación del sistema radicular, presentaban bajos índices de nodulación con rendimientos aparentemente aceptables y buen desarrollo vegetativo; estos antecedentes nos llevaron a efectuar disección de los nódulos, encontrando alto parasitismo de hembras, huevos y larvas, las que fueron aisladas, inoculadas e incubadas con huevos sanos en agua destilada estéril; al cabo de 15 días se determinó el número de huevos y/o larvas parasitadas como larvas eclosionadas. Los microorganismos identificados fueron: Catenaria sp; Myzocytium sp, y especies de Oomycetos y Deuteromicetos. El porcentaje de parasitismo fluctuó entre 53 - 79% bajo condiciones de laboratorio. Se trató

de aislar estos parásitos en medios de cultivo como: PDA, CMA. Extracto de levadura, Czapec, Extracto de levadura y almidón, etc., sin tener resultados alentadores, lo que sugiere que estos microorganismos son parásitos obligados, no obstante que Cateneria y Myzocytium en forma natural y al añadir materia orgánica al suelo lograron disminuir grandemente los niveles poblacionales.

Otros microorganismos han sido detectados como predatores entre ellos Tardígrados cuya distribución es alta en la Sierra. Dorylaimus altamente distribuido en la Sierra y Oriente menos frecuente en la Costa. Discolaimus sp. medianamente disperso en la Sierra y Mononchus muy difundido en Sierra y Oriente. Estos nemátodos se los considera predatores de las formas fitoparásitas (Tabla 6), pero no tenemos evidencias como predatores de las poblaciones de Meloidogyne.

EFECTO DE LAS ENMIENDAS QUIMICA Y ORGANICA SOBRE LA DINAMICA POBLACIONAL DE M. INCOGNITA EN TOMATE

En un suelo conteniendo cantidades bajas de materia orgánica, nitrógeno y fósforo, alto de potasio, mediana de microelementos, pH nuetro y de textura franco-arenosa, se estudió la dinámica poblacional de Meloidogyne incognita, para lo cual se utilizó, un cultivar de tomate (Lycopersicon esculentum), fertilizado con abono químico y materia orgánica. El fertilizante químico estuvo constituido por: 66 kg i.a./ha de N, 200 de P_2O_5 y 66 de K_2O A los 45 días se añadió 66 kg i.a./ha de SO_4NH_4. La materia orgánica se incorporó en la siguiente forma: humus (guano de vacuno descompuesto) a razón de 13.8 t/ha y tamo (residuos de tallos y hojas de arveja) en la misma proporción. Las poblaciones de nemátodos se estudiaron antes del transplante cada dos meses hasta los seis, que finalizó el cultivo. El nivel de infestación inicial fue de 25 larvas 100 cm^3 de suelo. El fertilizante químico y abono orgánico, actuaron en forma independiente, pero, su acción reguladora de la población de Meloidogyne fue concomitante, entre ellas, esto es que el efecto letal de la fertilización se sumó al efecto de la materia orgánica. El comportamiento del tamo fue aparentemente igual que el de humus, pero al recibir la dosis de enmienda química, la regulación fue efectiva hasta los cuatro

Tabla 6. Microorganismos antagónicos a nemátodos

Microorganismo	Taxonomía	Sitios
Caternaria sp.	Hongo, Quitridiomiceto	Checa, Tumbaco, Pifo, Puembo, Sta. Catalina
Myzocytium sp.	Hongo, Oomiceto	Checa, Pifo, Puembo, Pimampiro
Trichoderma sp.	Hongo, Deuteromiceto	Catarama, Juján
?	Hongo, Deuteromiceto	Pimampiro, Catarama, Juján, Chacras, Pelileo
?	Hongo, Oomiceto	Pimampiro, Catarama, Juján, Chacras
?	Bacteria, ?	Catarama, Chacras, Pelileo
Tardigrados		Pifo, Puembo
Dorylaimus	Nemátodo	Dispersión en la Sierra 60%, Costa 55%, Oriente 90%
Discolaimus	Nemátodo	Dispersión en la Sierra 30%
Mononchus	Nemátodo	Dispersión en la Sierra 58%, Costa 10%, Oriente 80%

meses de edad de la planta; a partir de esta fecha, el incremento poblacional tiende a ser progresivo. El efecto de la materia orgánica (humus y tamo) sin fertiliznate químico pudo regular la población a niveles medianamente bajos hasta los dos meses, luego el incremento progresó constantemente. Según el estudio adicional de laboratorio, se concluyó que la fertilización tiene su efecto físico de regulación poblacional mientras que los suplementos orgánicos influyeron en un desbalance biológico de la nematofauna de la rizosfera, esto es, que a mayor cantidad de humus y tamo mayor fue la presencia de Rhabditis sp. y otros Tylenchidos. También se evidenció que el humus, en mayor proporción que el tamo influyeron en un aumento de hongos parásitos, en este caso Catenaria sp. y algunos Deuteromycetes; evidenciándose también un efecto positivo del fertilizante sobre el incremento de hongos y nemátodos beneficiosos. El número de hembras por 10 g de tejido radicular, el peso de las raíces y el índice de infestación coroboran lo expuesto anteriormente. Otros nemátodos como Aphelenchus sp. y Tylenchorhynchus estuvieron presentes en la rizosfera, pero no se evidenció un efecto sobre sus poblaciones, las que se mantuvieron a niveles muy bajos. La población de Dorylaimus fue escasa y no se pudo encontrar diferencias entre los tratamientos.

PLANES Y ACTIVIDADES FUTURAS

A. Distribución geográfica de Meloidogyne spp. en la Costa Ecuatoriana.

B. Recolección y envío de suelo y poblaciones de Meloidogyne spp. a North Carolina State University.

C. Pruebas adicionales con los hospedantes diferenciales.

D. Rastreo y evaluación de resistencia genética en los principales cultivos del litoral: banano, café, cacao, soya, algodón, lógicamente con fitomejoradores del área.

E. Continuar con el estudio de combate biológico, químico, rotación de cultivos etc.

BIBLIOGRAFIA

1. Hussey, R. S. and K. R. Barker. 1973. A comparison of methods of collecting inocula of Meloidogyne spp. including a new technique. Plant Dis. Rep. 57:1052-1028.

2. Oostenbrink, M. 1972. Evaluation and integration of nematode control methods, pp. 497-514 In Economic Nematology, ed. J. M. Webster. Academic Press, London.

3. Taylor, A. L. and J. N. Sasser. 1978. Biology, identification and control of root-knot nematodes (Meloidogyne species). Coop. Pub. Dep. Plant Pathol., North Carolina State Univ., and U.S. Agency for Internat. Development. Raleigh, N.C. 111 pp.

INFLUENCIA DE DOS NIVELES DE: RIEGO, FERTILIZACION Y COMBATE QUIMICO SOBRE LA DINAMICA POBLACIONAL DE MELOIDOGYNE INCOGNITA CHITWOOD, EN DOS VARIEDADES DE TOMATE. (INFLUENCE OF IRRIGATION, FERTILIZATION AND CHEMICAL CONTROL ON THE POPULATION DYNAMICS OF M. INCOGNITA ON TWO TOMATO VARIETIES).

J. Revelo, S. Gowen y H. Orellana*

Este estudio se realizó en la E. E. "Boliche" del INIAP, con el propósito de determinar los niveles poblacionales de Meloidogyne incognita en el suelo y raíces de dos variedades de tomate, bajo dos niveles de: riego, control químico y fertilización. El trabajo se lo efectuó en dos ciclos del cultivo (1977-1978), utilizando un diseño experimental de parcelas divididas con cuatro repeticiones. Los tratamientos estudiados fueron:

1. R1V1N1F1	5. R1V2N1F1	9. R2V1N1F1	13. R2V2N1F1
2. R1V1N1F2	6. R1V2N1F2	10. R2V1N1F2	14. R2V2N1F2
3. R1V1N2F1	7. R1V2N2F1	11. R2V1N2F1	15. R2V2N2F1
4. R1V1N2F2	8. R1V2N2F2	12. R2V1N2F2	16. R2V2N2F2

En donde:

R1 = 70% de Capacidad de Campo

R2 = 100% de Capacidad de Campo

V1 = Tomate "Indian River"

V2 = Tomate "Bonus VFN"

N1 = 0 g/ha de Nemacur 5%

N2 = 120 kg de Nemacur 5%

F1 = 100 kg N/ha, 50 kg P/ha, 50 kg K/ha

F2 = 200 kg N/ha, 100 kg P/ha, 100 kg K/ha

Antes de establecer el ensayo, se incrementó la especie M. incognita con la que se infestó artificialmente el suelo. Las poblaciones de larvas en el suelo y de larvas y hembras en raices, fueron evaluadas a los: 30, 60 y 90 días después del transplante.

Según el análisis estadístico, las poblaciones de M. incognita de los dos niveles de riego, no se diferenciaron mayormente; sin embargo, el nivel 2 (100% de capacidad de campo) fue ligeramente

---

*Nematólogo del INIAP, Santa Catalina, Apartado 340, Quito, Ecuador; Asesor de Nematología, Jefe Dpto. Fitopatología, respectivamente.

desfavorable. Los niveles poblacionales determinados en las dos variedades de tomate, demostraron que la "Indian River" es altamente susceptible y la "Bonus VFN" resistente. El nematicida Nemacur mantuvo bajas las poblaciones hasta los 60 días; y, el nivel de fertilización 2 (200 kg N/ha, 100 kg P/ha y 100 kg K/ha) inhibió el desarrollo de esta especie e incrementó el rendimiento. Los tratamientos con la variedad "Indian River" sin nematicida y bajo ambos niveles de riego y fertilización, incrementaron considerablemente la población de larvas en el suelo (Pi) en un rango comprendido entre 1.89 y 2.26 veces en el primer ciclo y de 2.94 a 4.45 veces en el segundo, mientras que el resto inducieron una reproducción de menos 1 en ambos ciclos.

Los tratamientos que se destacaron en el rendimiento fueron en su orden: 70% de capacidad de campo + variedad "Indian River" + 120 kg de Nemacur 5% ha + 200 kg N/ha, 100 kg P/ha, 100 kg K/ha, con 31.67 ton/ha en el primer ciclo y 83.98 ton/ha en el segundo; 100% de capacidad de campo + variedad "Bonus VFN" + 0 kg de Nemacur 5%/ha + 200 kg N/ha, 100 kg P/ha y 100 kg K/ha, con 30.74 ton/ha y 83.73 ton/ha para cada ciclo.

Según el análisis económico, los niveles: 1 de riego (70% de capacidad de campo) y 2 de nematicida (120 kg/ha de Nemacur 5%) resultaron ser antieconómicos por sus altos costos. El tratamiento 14 (R2V2N1F2, 100% de capacidad de campo + variedad "Bonus VFN" + 0 kg/ha de Nemacur 5% + 200 kg N/ha, 100 kg P/ha y 100 kg K/ha) fue el más rentable y eficas para controlar a M. incognita, el mismo que redujo la población de larvas en el suelo a menos 1 en ambos ciclos y obtuvo rendimientos de 30.74 ton/ha y 83.73 ton/ha en cada ciclo.

Los rendimientos superiores obtenidos en el segundo ciclo pudieron deberse al efecto residual de fertilizantes y eficiencia de labores culturales.

Concluyendo, la variedad "Bonus VFN," demuestra gran resistencia a M. incognita, buenos rendimientos y una fácil adaptación.

PANORAMA GENERAL DE LA TAXONOMIA DEL NEMATODO DEL NUDO DE LA RAIZ Y NEMATODOS DEL QUISTE CON ENFASIS EN EL GENERO MELOIDOGYNE

Hedwig H. Triantaphyllou*

Anteriormente, los nemátodos del nudo de la raíz y nemátodos del quiste fueron incluidos en la familia Heteroderidae Filipjev, 1934, y las dos subfamilias Meloidogyninae y Heteroderinae fueron reconocidas. En la actualidad, los nemátodos del nudo de la raíz y del quiste son miembros de la superfamilia Heteroderoidae y las subfamilias Meloidogyninae y Heteroderinae pasaron al rango de familias (Anexo 1). Trece géneros están ahora incluidos en Heteroderidae y tres géneros en Meloidogynidae.

La familia Meloidogynidae difiere de la familia Heteroderidae por varios caracteres:

a) los sectores laterales de la cabeza de hembras, juveniles y machos son generalmente más anchos;
b) la posición del poro excretor en las hembras es más anterior;
c) las aperturas (en forma de línea) de las anfidios de los juveniles y machos son más largas;
d) el estilete de los juveniles es más pequeño; y
e) la ausencia de un estilete en el tercer y cuarto estadío juvenil.

El Genero Meloidogyne

Los nemátodos del nudo de la raíz fueron denominados por Cornu (5) en 1897 quien nominó Anguillula marioni a los nemátodos encontrados en las agallas del pipirigallo en Francia. En 1884, Müller encontró nemátodos en las agallas de las raíces de Dodartia orientalis (16) y reconoció que pertenecían al género Heterodera. El erroneamente pensó que eran los mismos que los descritos por Greeff en 1872 (15) como Anguillula radicicola y los llamó Heterodera radicicola.

De esta manera, en el inicio del siglo XX, el nombre Heterodera radicicola (Greeff, 1872) Muller, 1884, fue erroneamente usado para

---

*Universidad del Estado de Carolina del Norte, Raleigh, Carolina del Norte, E.E.U.U.

ANEXO 1
CLASIFICACION DE HETERODEROIDAE

SUPERFAMILIA	FAMILIA	SUBFAMILIA	GENERO
Heteroderoidea (Filipjev & Schuurmans Stekhoven, 1941) Golden, 1971	Heteroderidae (Filipjev & Schuurmans Stekhoven, 1941) Skarbilovich, 1947		*Heterodera* Schmidt, 1871
			Bidera Krall & Krall, 1978
			Cactodera Krall & Krall, 1978
			Globodera (Skarbilovich, 1959) Mulvey & Stone, 1976
			Dolichodera Mulvey & Ebsary, 1980
			Punctodera Mulvey & Stone, 1976
			Sarisodera Wouts & Sher, 1971
			Meloidodera Chitwood, Hannon & Esser, 1956
			Verutus Esser, 1981
			Cryphodera Colbran, 1966
			Atalodera Wouts & Sher, 1971
			Thecaverniculatus Robbins, 1978
			Hylonema Luc, Taylor & Cadet, 1978
	Meloidogynidae (Skarbilovich, 1959) Wouts, 1973	Meloidogyninae Skarbilovich, 1959	*Meloidogyne* Goeldi, 1887
			Meloinema Choi & Geraert, 1974
		Nacobboderinae Golden & Jensen, 1975	
		Meloidoderellinae Husain, 1976	*Meloidoderella* Khan, 1972

los nemátodos del nudo de la raíz. En 1924, Cobb notó que habían diferencias morfológicas entre los nemátodos del nudo de la raíz y las especies enquistadoras de Heterodera y creó el género o subgénero Caconema para colocar a H. radicicola (4). En 1932, T. Goodey señaló el error de Müller (14). El reemplazó el nombre específico dado por Cornu por Heterodera marioni (Cornu, 1879) T. Goodey, 1932. Goodey pensó que era injustificado crear un nuevo género para separar los nemátodos del nudo de la raíz de las especies existentes de Heterodera.

Christie y Albin, 1944 (2), y Christie y Havis, 1948 (3), estudiaron H. marioni y, por primera vez, propusieronla existencia de razas fisiológicas basadas en diferencias de susceptibilidad de los hospederos. En 1949, Chitwood (1) mostró que en 4 de las razas reconocidas por Christie y Albin y Christie/Havis habían diferencias morfológicas, particularmente en las marcas cuticulares del diseño perineal de hembras adultas. Chitwood validó el género Meloidogyne Goeldi, 1887, para colocar todos los nemátodos del nudo de la raíz. El brevemente redescribió la especie M. exigua y describió otras 4 especies y una subespecie. El dió un diagnosis general para Meloidogyne y lo diferenció de Heterodera Schmidt 1871. Whitehead 1968 (17) en su clara revisión redefinó el género y confirmó la distinción morfológica entre las 23 especies de Meloidogyne. En su revisión de 1972, Franklin incluyó 32 especies y trató criticamente los desarrollos más recientes de la sistemática de Meloidogyne con énfasis en los caracteres diferenciales de varios estadíos (12). Esser, Perry y Taylor, 1976 (10), presentaron un compendio de Meloidogyne con datos morfométricos y morfológicos e ilustraciones para facilitar la identificación de 32 especies del género. Franklin, 1979 (13), lista 36 válidas especies de Meloidogyne y resume la historia del género y los medios de identificación basado en hembras, juveniles y machos. En julio de 1982, 50 especies y 2 subespecies fueron incluidas en el género (Anexo 2).

Caracteres Usados en la Identificacion de Especies de Meloidogyne

A) Hembras (9). El rasgo más distintivo de las hembras es el diseño perineal que comprende la punta de la cola, fasnudios, campos laterales, ano y vulva, rodeados por dobleces cuticulares y estrías.

ANEXO 2
ESPECIES DE MELOIDOGYNE

1. *Meloidogyne acronea* Coetzee, 1956
2. *M. africana* Whitehead, 1960
3. *M. ardenensis* Santos, 1968
4. *M. arenaria* (Neal, 1889) Chitwood, 1949
5. *M. artiellia* Franklin, 1961
6. *M. bauruensis* (Lordello, 1956) Esser, Perry y Taylor, 1976
7. *M. brevicauda* Loos, 1953
8. *M. cameliae* Golden, 1979
9. *M. carolinensis* Fox, 1967 (redescrita por Eisenback, 1982)
10. *M. chitwoodi* Golden, O'Bannon, Santo y Finley, 1980
11. *M. coffeicola* Lordello y Zamith, 1960
12. *M. decalineata* Whitehead, 1968
13. *M. deconincki* Elmiligy, 1968
14. *M. elegans* da Ponte, 1977
15. *M. ethiopica* Whitehead, 1968
16. *M. exigua* Goeldi, 1887
17. *M. grahami* Golden y Slana, 1978
18. *M. graminicola* Golden y Birchfield, 1965
19. *M. graminis* (Sledge y Golden, 1964) Whitehead, 1968
20. *M. hapla* Chitwood, 1949
21. *M. incognita* (Kofoid y White, 1919) Chitwwod, 1949
22. *M. incognita acrita* Chitwood, 1949
23. *M. incognita wartellei* Golden y Birchfield, 1978
24. *M. indica* Whitehead, 1968
25. *M. inornata* Lordello, 1956
26. *M. javanica* (Treub, 1885) Chitwood, 1949
27. *M. kikuyensis* de Grisse, 1960
28. *M. kirjanovae* Terenteva, 1965
29. *M. litoralis* Elmiligy, 1968
30. *M. lordelloi* da Ponte, 1969

Anexo 2

31. *M. lucknowica* Singh, 1969
32. *M. mali* Itoh, Ohshima y Ichinohe, 1969
33. *M. megadora* Whitehead, 1968
34. *M. megatyla* Baldwin y Sasser, 1979
35. *M. megriensis* (Pogosyan, 1971) Esser, Perry y Taylor, 1976
36. *M. microtyla* Mulvey, Townshend y Potter, 1975
37. *M. naasi* Franklin, 1965
38. *M. nataliei* Golden, Rose y Bird, 1981
39. *M. oryzae* Mass, Sanders y Dede, 1978
40. *M. oteifae* Elmiligy, 1968
41. *M. ottersoni* (Thorne, 1969) Franklin, 1971
42. *M. ovalis* Riffle, 1963
43. *M. platani* Hirschmann, 1982
44. *M. poghossianae* Kirjanova, 1963 - especies inquerenda
45. *M. propora* Spaull, 1977
46. *M. querciana* Golden, 1979
47. *M. sewelli* Mulvey y Anderson, 1980
48. *M. spartinae* (Rau y Fassuliotis, 1965) Whitehead, 1968
49. *M. subarctica* Bernard, 1981
50. *M. tadshikistanica* Kirjanova y Ivanova, 1965
51. *M. thamesi* (Chitwood, 1952, en Chitwood, Specht y Havis) Goodey, 1963
52. *M. cruciani* García-Martínez, 1982

Caracteres cualitativos (por ejemplo, forma del diseño, forma de las estrías) así como caracteres cuantitativos (ciertas medidas) del diseño son útiles en la identificación de la especie. La longitud del estilete puede ser un buen caracter accesorio aun cuando las medidas de la mayoría de especies se superponen. La forma de los nódulos del estilete así como la relación de la altura de los nódulos sobre el ancho de los nódulos, puede también ser útil. La posición del poro excretor puede ayudar a diferenciar algunas especies.

B) Juveniles del segundo estadío (6, 7). Varios caracteres morfométricos y morfológicos son útiles en la identificación de especies. Los caracteres morfométricos más frecuentemente usados son: longitud del cuerpo, longitud del estilete y longitud de la cola. Estas medidas obviamente se superponen en muchas especies, pero los valores extremos pueden ser diferentes. La longitud del estilete es dificil de determinar y las medidas desde la base de los nódulos del estilete a la terminación de la cabeze pueden ser mas confiables. La forma de los nódulos del estilete parece diferir entre las especies. La longitud de la cola es una de las medidas mas útiles porque varía considerablemente entre especies. El ancho del cuerpo en la región del ano y la relación entre la longitud de la cola y del ancho del cuerpo en la región anal también son caracteres importantes. La forma de la cola es muy variada pero es útil hasta cierto punto. La dilatación del recto y la posición del hemizomido pueden ser útiles en diagnosis.

C) Machos (8). En vista de que hay mucha variación en el tamaño de los machos, los caracteres morfométricos están sujetos a altos coeficientes de variabilidad. A pesar de que existen diferencias en la longitud del estilete, en la distancia del orifico de la glándula esofagal dorsal y en la longitud de la espículas y gubernáculos, también existe considerable superposición. La forma de la cabeza y la morfología del estilete, sin embargo, pueden ser considerados buenos caracteres para la identificación de especies. La morfología de la cabeza difiere en tamaño y forma del disco labial, número de anulaciones en la cabeza y ancho de la región de la cabeza en relación al primero annulo del cuerpo. Diferencias en el estilete

ocurren en tamaño y en la forma del cono, columna y nódulos. El campo lateral es solo ocasionalmente de valor diagnóstico. El número de incisuras usualmente varía dentro del mismo especimen en diferentes regiones del cuerpo y lo mismo ocurre en la aerolación.

Referencias

1. Chitwood, B. G. 1949. Root-knot nematodes -- part 1. A revision of the genus Meloidogyne Goeldi, 1887. Proc. Helminthol. Soc. Washington 16:90-104.

2. Christie, J. R. and F. E. Albin. 1944. Host-parasite relationships of the root-knot nematode, Heterodera marioni. I. The question of races. Proc. Helminthol. Soc. Washington 11:31-37.

3. Christie, J. R. and L. Havis. 1948. Relative susceptibility of certain peach stocks to races of the root-knot nematode. Plant Dis. Reporter 32:510-514.

4. Cobb, N. A. 1924. The amphids of Caconema (nom. nov.) and other nemas. J. Parasitol. 11:118-120.

5. Cornu, M. 1879. Études sur le Phylloxera vastatrix. Mém. Acad. Sci., Paris 26:163-175, 328, 339-341.

6. Eisenback, J. D. 1982. Morphological comparison of head shape and stylet morphology of second-stage juveniles of Meloidogyne species. J. Nematol. 14:339-343.

7. Eisenback, J. D. and Hedwig Hirschmann. 1979. Morphological comparison of second-stage juveniles of six populations of Meloidogyne hapla by SEM. J. Nematol. 11:5-16.

8. Eisenback, J. D. and Hedwig Hirschmann. 1981. Identification of Meloidogyne species on the basis of head shape and stylet morphology of the male. J. Nematol. 13:513-521.

9. Eisenback, J. D., Hedwig Hirschmann, and A. C. Triantaphyllou. 1980. Morphological comparison of Meloidogyne female head structures, perineal patterns, and stylets. J. Nematol. 12:300-313.

10. Esser, R. P., V. G. Perry, and A. L. Taylor. 1976. A diagnostic compendium of the genus Meloidogyne (Nematoda: Heteroderidae). Proc. Helminthol. Soc. Washington 43:138-150.

11. Franklin, M. T. 1971. Taxonomy of Heteroderidae, pp. 139-162 In Plant Parasitic Nematodes, Vol. 1, eds. B. M. Zuckerman, W. F. Mai, and R. A. Rohde. Academic Press, New York.

12. Franklin, M. T. 1972. The present position in the systematics of Meloidogyne. OEPP/EPPO Bull. 6:5-15.

13. Franklin, M. T. 1979. Taxonomy of the genus Meloidogyne, pp. 37-54 In Root-knot Nematodes (Meloidogyne Species) Systematics, Biology and Control, eds. F. Lamberti and C. E. Taylor. Academic Press, New York.

14. Goodey, T. 1932. On the nomenclature of the root-gall nematodes. J. Helminthol. 10:21-28.

15. Greeff, R. 1872. Ueber Nematoden in Wurzelanschwellungen (Gallen) verschiedener Pflanzen. Sber. Ges. Beförd. Ges. Naturw. Marburg 11:172-174.

16. Müller, C. 1884. Mittheilungen über die unseren Kulturpflanzen schädlichen das Geschlecht Heterodera bildenden Würmer. Landw. Jbr. 13:1-42.

17. Whitehead, A. G. 1968. Taxonomy of Meloidogyne (Nematodea: Heteroderidae) with descriptions of four new species. Trans. Zool. Soc. London 31:263-401.

AN OVERVIEW OF THE TAXONOMY OF THE ROOT-KNOT AND CYST NEMATODES WITH EMPHASIS ON THE GENUS MELOIDOGYNE

Hedwig H. Triantaphyllou*

Earlier, the root-knot and cyst nematodes were included in the family Heteroderidae Filipjev, 1934, and the two subfamilies Meloidogyninae and Heteroderinae were recognized. According to the present classification, the root-knot and cyst nematodes are members of the superfamily Heteroderoidea, and thus the subfamilies Meloidogyninae and Heteroderinae were raised to family rank (Table 1). Thirteen genera are now included in the Heteroderidae, three genera in the Meloidogynidae.

The family Meloidogynidae differs from the family Heteroderidae by a number of characters:

a) the usually wider lateral sectors of the head region in females, juveniles and males;
b) the more anterior position of the excretory pore in females;
c) the larger, slitlike amphidial openings in juveniles and males;
d) the smaller stylet in juveniles; and
e) the absence of a stylet in third- and fourth-stage juveniles.

THE GENUS MELOIDOGYNE

Root-knot nematodes were first named in 1879 by Cornu (5) who gave the name Anguillula marioni to the nematodes inhabiting galls on sainfoin in France. In 1884, Müller found worms in galls on the roots of Dodartia orientalis (16), and recognized that they belonged to the genus Heterodera. He mistakenly took them to be the same as those described by Greeff in 1872 (15) as Anguillula radicicola and called them Heterodera radicicola. Thus in the early 20th century, the name Heterodera radicicola (Greeff, 1872) Müller, 1884, was wrongly used for the root-knot nematodes. In 1924, Cobb claimed that there were morphological differences between root-knot nematodes and the cyst-forming Heterodera species and erected the genus or subgenus Caconema to receive H. radicicola (4). In 1932, T. Goodey pointed out Müller's

*North Carolina State University, Raleigh, N.C. USA

Table 1. Classification of Heteroderoidea

Superfamily	Family	Subfamily	Genus
Heteroderoidea (Filipjev & Schuurmans Stekhoven, 1941) Golden, 1971	Heteroderidae (Filipjev & Schuurmans Stekhoven, 1941) Skarbilovich, 1947		*Heterodera* Schmidt, 1871
			Bidera Krall & Krall, 1978
			Cactodera Krall & Krall, 1978
			Globodera (Skarbilovich, 1959) Mulvey & Stone, 1976
			Dolichodera Mulvey & Ebsary, 1980
			Punctodera Mulvey & Stone, 1976
			Sarisodera Wouts & Sher, 1971
			Meloidodera Chitwood, Hannon & Esser, 1956
			Verutus Esser, 1981
			Cryphodera Colbran, 1966
			Atalodera Wouts & Sher, 1971
			Thecavermiculatus Robbins, 1978
			Hylonema Luc, Taylor & Cadet, 1978
	Meloidogynidae (Skarbilovich, 1959) Wouts, 1973	Meloidogyninae Skarbilovich, 1959	*Meloidogyne* Goeldi, 1887
		Nacobboderinae Golden & Jensen, 1974	*Meloinema* Choi & Geraert, 1974
		Meloidoderellinae Husain, 1976	*Meloidoderella* Khan, 1972

error (14). He replaced the specific name by Cornu's earlier specific name, so that the root-knot nematodes became Heterodera marioni (Cornu, 1879) T. Goodey, 1932. Goodey felt it unjustified to erect a new genus to separate root-knot nematodes from the existing Heterodera species.

Christie and Albin, 1944 (2), and Christie and Havis, 1948 (3), studied H. marioni and for the first time proposed the existence of physiological races based on differences in host susceptibility. In 1949, Chitwood (1) showed that there were morphological differences, particularly in the cuticular markings of the perineal region of adult females, of four of the races recognized in the work by Christie and Albin and Christie and Havis. Chitwood re-erected the genus Meloidogyne Goeldi, 1887, to receive all root-knot nematodes. He briefly redescribed the type species M. exigua and described four other species and one subspecies. He gave a generic diagnosis for Meloidogyne and differentiated it from Heterodera A. Schmidt, 1871. Whitehead, 1968 (17), in his comprehensive review redefined the genus and confirmed the morphological distinctness of 23 species of Meloidogyne. Franklin, 1971 (11), discussed the Meloidogyninae in relation to other Heteroderidae and summarized the most useful characters for identification of Meloidogyne species. In her 1972 review, Franklin included 32 species and treated critically the most recent developments of the systematics of Meloidogyne with emphasis on the distinguishing characters of the various life stages (12). Esser, Perry and Taylor, 1976 (10), presented morphometric and morphological data and illustrations to facilitate the identification of 32 species of the genus in their compendium of Meloidogyne. Franklin, 1979 (13), lists 36 valid Meloidogyne species and summarizes the historical background of the genus and the means of identification based on females, juveniles and males. By July 1982, 50 species and two subspecies were included in the genus (Table 2).

DIFFERENTIATING CHARACTERS OF SPECIES OF MELOIDOGYNE

Females (9)

The most characteristic feature of the females is the perineal pattern which comprises the tail terminus, phasmids, lateral fields, anus and vulva surrounded by cuticular folds and striae. Qualitative

Table 2. Species of Meloidogyne

1. Meloidogyne acronea Coetzee, 1956
2. M. africana Whitehead, 1960
3. M. ardenensis Santos, 1968
4. M. arenaria (Neal, 1889) Chitwood, 1949
5. M. artiellia Franklin, 1961
6. M. bauruensis (Lordello, 1956) Esser, Perry and Taylor, 1976
7. M. brevicauda Loos, 1953
8. M. cameliae Golden, 1979
9. M. carolinensis Fox, 1967 (redescribed by Eisenback, 1982)
10. M. chitwoodi Golden, O'Bannon, Santo and Finley, 1980
11. M. coffeicola Lordello and Zamith, 1960
12. M. decalineata Whitehead, 1968
13. M. deconincki Elmiligy, 1968
14. M. elegans da Ponte, 1977
15. M. ethiopica Whitehead, 1968
16. M. exigua Goeldi, 1887
17. M. grahami Golden and Slana, 1978
18. M. graminicola Golden and Birchfield, 1965
19. M. graminis (Sledge and Golden, 1964) Whitehead, 1968
20. M. hapla Chitwood, 1949
21. M. incognita (Kofoid and White, 1919) Chitwood, 1949
22. M. incognita acrita Chitwood, 1949
23. M. incognita wartellei Golden and Birchfield, 1978
24. M. indica Whitehead, 1968
25. M. inornata Lordello, 1956
26. M. javanica (Treub, 1885) Chitwood, 1949
27. M. kikuyensis de Grisse, 1960
28. M. kirjanovae Terenteva, 1965
29. M. litoralis Elmiligy, 1968
30. M. lordelloi da Ponte, 1969
31. M. lucknowica Singh, 1969
32. M. mali Itoh, Ohshima and Ichinohe, 1969
33. M. megadora Whitehead, 1968
34. M. megatyla Baldwin and Sasser, 1979

Table 2 (continued)

35. M. megriensis (Pogosyan, 1971) Esser, Perry and Taylor, 1976
36. M. microtyla Mulvey, Townshend and Potter, 1975
37. M. naasi Franklin, 1965
38. M. nataliei Golden, Rose and Bird, 1981
39. M. oryzae Maas, Sanders and Dede, 1978
40. M. oteifae Elmiligy, 1968
41. M. ottersoni (Thorne, 1969) Franklin, 1971
42. M. ovalis Riffle, 1963
43. M. platani Hirschmann, 1982
44. M. poghossianae Kirjanova, 1963 - species inquirenda
45. M. propora Spaull, 1977
46. M. querciana Golden, 1979
47. M. sewelli Mulvey and Anderson, 1980
48. M. spartinae (Rau and Fassuliotis, 1965) Whitehead, 1968
49. M. subarctica Bernard, 1981
50. M. tadshikistanica Kirjanova and Ivanova, 1965
51. M. thamesi (Chitwood, 1952, in Chitwood, Specht and Havis) Goodey, 1963
52. M. cruciani Garcia - Martinez, 1982

characters (e.g. shape of pattern, form of striae), as well as quantitative characters (i.e. certain measurements), of the pattern are useful in species identification. The stylet length can be a good supporting character, although the ranges of most species overlap. Stylet knob shape, as well as the ratio of knob height/knob width may also be useful. Position of the excretory pore may be helpful in differentiating some species.

Second-Stage Juveniles (6, 7)

Several morphometrical and morphological characters are useful in species identification. The morphometrical characters most frequently used include body length, stylet length and tail length. These measurements obviously overlap in many species, but the extreme values may be different. Stylet length is difficult to determine, and measurements from the stylet knob base to the head end may be more reliable. Stylet knob shape seems to differ among the species. Tail length is one of the most useful measurements, because it varies considerably among species. Body width at anus and the ratio of tail length/body width at anus are also important characters. Tail shapes vary greatly but are helpful to some extent. Rectal dilation and position of hemizonid can be useful in diagnosis.

Males (8)

Since males vary greatly in size, morphometrical characters are subject to large coefficients of variability. Although there occur some differences in stylet length, dorsal esophageal gland orifice distance, and spicule and gubernaculum length, there is also considerable overlap. Head shape and stylet morphology, however, can be considered as good supporting characters in the identification of species. Head morphology differs in size and shape of the head cap, number of head annulations and width of head region relative to the first body annule. Differences in stylets occur in size and shape of the cone, shaft and knobs. The lateral field is only occasionally of diagnostic value. The number of incisures usually varies within the same specimen in different body regions, and the same is true for areolation.

References

1. Chitwood, B. G. 1949. Root-knot nematodes -- part 1. A revision of the genus Meloidogyne Goeldi, 1887. Proc. Helminthol. Soc. Washington 16:90-104.

2. Christie, J. R. and F. E. Albin. 1944. Host-parasite relationships of the root-knot nematode, Heterodera marioni. I. The question of races. Proc. Helminthol. Soc. Washington 11:31-37.

3. Christie, J. R. and L. Havis. 1948. Relative susceptibility of certain peach stocks to races of the root-knot nematode. Plant Dis. Reporter 32:510-514.

4. Cobb, N. A. 1924. The amphids of Caconema (nom. nov.) and other nemas. J. Parasitol. 11:118-120.

5. Cornu, M. 1879. Études sur le Phylloxera vastatrix. Mém. Acad. Sci., Paris 26:163-175, 328, 339-341.

6. Eisenback, J. D. 1982. Morphological comparison of head shape and stylet morphology of second-stage juveniles of Meloidogyne species. J. Nematol. 14:339-343.

7. Eisenback, J. D. and Hedwig Hirschmann. 1979. Morphological comparison of second-stage juveniles of six populations of Meloidogyne hapla by SEM. J. Nematol. 11:5-16.

8. Eisenback, J. D. and Hedwig Hirschmann. 1981. Identification of Meloidogyne species on the basis of head shape and stylet morphology of the male. J. Nematol. 13:513-521.

9. Eisenback, J. D., Hedwig Hirschmann, and A. C. Triantaphyllou. 1980. Morphological comparison of Meloidogyne female head structures, perineal patterns, and stylets. J. Nematol. 12:300-313.

10. Esser, R. P., V. G. Perry, and A. L. Taylor. 1976. A diagnostic compendium of the genus Meloidogyne (Nematoda: Heteroderidae). Proc. Helminthol. Soc. Washington 43:138-150.

11. Franklin, M. T. 1971. Taxonomy of Heteroderidae, pp. 139-162 In Plant Parasitic Nematodes, Vol. 1, eds. B. M. Zuckerman, W. F. Mai, and R. A. Rohde. Academic Press, New York.

12. Franklin, M. T. 1972. The present position in the systematics of Meloidogyne. OEPP/EPPO Bull. 6:5-15.

13. Franklin, M. T. 1979. Taxonomy of the genus Meloidogyne, pp. 37-54 In Root-knot Nematodes (Meloidogyne Species) Systematics, Biology and Control, eds. F. Lamberti and C. E. Taylor. Academic Press, New York.

14. Goodey, T. 1932. On the nomenclature of the root-gall nematodes. J. Helminthol. 10:21-28.

15. Greeff, R. 1872. Ueber Nematoden in Wurzelanschwellungen (Gallen) verschiedener Pflanzen. Sber. Ges. Beförd. Ges. Naturw. Marburg 11:172-174.

16. Müller, C. 1884. Mittheilungen über die unseren Kulturpflanzen schädlichen das Geschlecht Heterodera bildenden Würmer. Landw. Jbr. 13:1-42.

17. Whitehead, A. G. 1968. Taxonomy of Meloidogyne (Nematodea: Heteroderidae) with descriptions of four new species. Trans. Zool. Soc. London 31:263-401.

IMPORTANCIA RELATIVA Y FRECUENCIA DE OCURRENCIA DE VARIAS ESPECIES, VARIACION PATOGENICA Y RAZAS

J. N. Sasser*

Se han estudiado aproximadamente 1,300 poblaciones vivas de especies de Meloidogyne enviadas a las oficinas del Proyecto, provenientes de casi 100 cooperadores que representan más de 70 naciones en desarrollo. Hasta la fecha 914 han sido identificadas y la frecuencia de las especies encontradas es la siguiente: M. incognita, 52%; M. javanica, 31%; M. hapla, 8%; M. arenaria, 7%; M. exigua, 1%; y otros, M. graminicola, M. megatyla, M. microtyla, M. naasi, M. graminis y M. oryzae, 1%. Dentro del complejo de M. incognita se encuentran cuatro razas: Raza 1 comprende el 72% de las 472 poblaciones estudiadas; Raza 2, 13%, Raza 3, 13% y Raza 4, 2%. Dentro de la especie M. arenaria hay dos razas: Raza 1 (16% de 70 poblaciones) infecta y se reproduce en maní, mientras que la Raza 2 (84%) no ataca maní. La investigación en nemátodos del nudo en suelos agrícolas debe desde ahora considerar la existencia de razas. De otro modo sería incompleta y de limitado valor. Informes previous sobre resistencia a M. incognita y M. arenaria deben ser revisados y las razas involucradas deben ser identificadas.

La identificación es inicialmente basada en la reacción de hospederos y patrones perineales de hembras adultas. A menudo, estudios adicionales sobre morfología, citología y bioquímica son necesarios. Aun cuando se ha encontrado alguna variación dentro de poblaciones de la misma especie, la uniformidad de caracteres incluyendo la patogenicidad sobrepasa grandemente la variabilidad. Para las especies agrícolamente importantes y mas ampliamente distribuidas que son M. incognita, M. javanica, M. hapla y M. arenaria, hay una fuerte correlación entre los caracteres estándard usados para la identificación y la conducta individual de la especie de nemátodo. Estos estudios sugieren que una vez que se conoce la especie individual del nemátodo, se puede precedir su

---

*Investigador Principal, Oficina Principal del Proyecto Internacional de Meloidogyne, Raleigh, N.C.

patogenicidad excepto para las variaciones de razas. Si los estudios futuros continúan confirmando estas correlaciones, puede ser práctico desarrollar cultivares resistentes y conducir estudios de rango de hospederos en una sola localidad y esperar que los resultados sean aplicables a través del mundo. Estudios incluyendo pocas poblaciones de cada una de las especies principales podrían ser conducidos bajo condiciones estanderizadas a un costo mínimo. Estos estudios deben hacer más atractivo el mejoramiento para resistencia a los nemátodos del nudo, desde que líneas pueden ser probadas contra un número pequeño de poblaciones. Una vez que un cultivar resistente ha sido desarrollado puede ser comercializado con garantía que los resultados en el campo serán satisfactorios. Mas aun, se abriría un mercado más grande--en realidad un mercado mundial--para los productores de semilla de cultivares resistentes.

RELATIVE IMPORTANCE AND FREQUENCY OF OCCURRENCE OF THE VARIOUS SPECIES, PATHOGENIC VARIATION AND HOST RACES

J. N. Sasser*

Approximately 1,300 live populations of Meloidogyne species, forwarded to project headquarters from approximately 100 cooperators representing more than 70 developing nations, are being studied. To date, 914 have been identified and frequency of species encountered is as follows: M. incognita, 52%; M. javanica, 31%; M. hapla, 8%; M. arenaria, 7%; M. exigua, 1%; and others, M. graminicola, M. megatyla, M. microtyla, M. naasi, M. graminis and M. oryzae, 1%. Within the M. incognita complex are four host races. Race 1 comprises 72% of 472 populations studied; Race 2, 13%; Race 3, 13%; and Race 4, 2%. Within the species M. arenaria, there are two host races. Race 1 (16% of 70 populations) infects and reproduces on peanut, while Race 2 (84%) does not attack peanut. Research on root-knot nematodes in agricultural soils must hereafter take into consideration the existence of host races. Otherwise, it will be incomplete and of limited value. Previous reports on resistance to M. incognita and M. arenaria must be reviewed and the races involved identified.

Identifications are initially based on host response and perineal patterns of adult females. Oftentimes, additional morphological, cytological or biochemical studies are necessary. Although some variation has been found within populations of the same species, uniformity of characters, including pathogenicity, far outweighs the variability. For the widely distributed and agriculturally important species M. incognita, M. javanica, M. hapla and M. arenaria, there is a strong correlation between the standard characters used for identification and the behavior of the individual nematode species. These studies suggest that once the identity of the nematode is known, its pathogenicity can be predicted except for variations among races. If future studies continue to confirm these correlations, it may be practical to develop resistant cultivars and conduct host range studies at a single location and expect the results to be applicable throughout the world. Studies involving a few populations of each of the major species could be conducted under standard conditions and at minimum cost. These

---

*Principal Investigator, International Meloidogyne Project Headquarters, Raleigh, N.C., USA.

studies should make breeding cultivars for resistance to root-knot more attractive, since breeding lines can be tested against a small number of populations. Once a resistant cultivar has been developed, it can be marketed with assurance that results in the field will be satisfactory. Furthermore, a much larger, indeed a world-wide market, is open to producers of seed of resistant cultivars.

CARACTERES MORFOLOGICOS USADOS EN LA IDENTIFICACION DE ESPECIES DE MELOIDOGYNE

J. D. Eisenback*

Una identificación precisa de las especies de Meloidogyne presentes en un campo determinado es necesaria para un control efectivo de los nemátodos del nudo de la raíz. Algunos cultivos son susceptibles a algunas especies pero no a otras y los cultivares resistentes no son generalmente efectivos contra todas las especies de Meloidogyne. Aún el control químico es mejorado por una identificación correcta de la especie por que una aplicación no sería necesaria si el cultivo a plantarse no es hospedero para la especie que está infestando el suelo.

Por lo general, la identificación de especies del nemátodo del nudo de la raíz es difícil porque los caracteres morfológicos comúnmente usados para distinguir especies son muy variables. Otras técnicas útiles para identificación de especies toman mucho tiempo o requieren equipo sofisticado y personal especializado.

Un objetivo importante del Proyecto Internacional de Meloidogyne ha sido elucidar nuevos y más confiables caracteres morfológicos que harían al identificación de especies práctica y mas rápida en laboratorios con limitado equipo y personal. Se ha enfatizado la caracterización morfológica de las 4 especies más comunes: Meloidogyne incognita, M. javanica, M. arenaria y M. hapla. Debido a que estos nemátodos son extremadamente pequeños, el microscopio electrónico de superficies (SEM) ha sido utilizado para examinar críticamente los juveniles del segundo estadío, machos y hembras. El SEM dá una imagen tridimensional con alta resolución y gran profundidad de foco de la morfología de la superficie externa. El valor del SEM es que clarifica grandemente detalles morfológicos que son subsecuentemente visibles en el microscopio de luz (LM). Debido a que el SEM no está fácilmente disponible a muchos investigadores, solamente caracteres que son también visibles en el LM son de valor práctico.

---

*Investigador Asociado, Universidad Estatal de Carolina del Norte, Raleigh, N.C., E.E.U.U.

La morfología externa de los juveniles del segundo estadío de las cuatro especies más comunes de Meloidogyne fue examinada por el SEM. Se observó las estructuras de la cabeza, campo lateral, poro excretor, ano y cola. La morfología del cuerpo fue de poco valor taxonómico. La morfología de la cabeza incluyendo la expresión de las sensillas, forma del disco labial, labios medios y labios laterales, y estrías de la cabeza fueron distintivamente diferentes entre las especies. Desafortunadamente, las diferencias en la morfología de la cabeza de los juveniles del segundo estadío fueron tan pequeñas para ser vistas claramente al LM.

En el pasado, la morfología de la hembra ha proveído los caracteres más importantes para la identificación de especies. Los patrones perineales y la morfología de la cabeza de las cuatro especies más comunes fueron examinados por el SEM. Además se desarrolló una técnica para extraer el estilete de una hembra y observarlo al SEM. Nuevos caracteres del patrón perineal, diferentes entre las especies, no fueron revelados por el SEM. Diferencias en la morfología de la cabeza sí fueron encontradas.

La forma de la cabeza fue diferente entre las especies en cuanto a la expresión de las sensillas, forma del disco labial, labio medios, labios laterales y estrías de la región labial. Desafortunadamente, la cabeza de las hembras son difíciles de preparar, orientar y ver claramente en el LM. El nuevo caracter más útil de las hembras es la morfología del estilete. Como fue aclarado por el SEM, existen diferencias claras entre las especies en relación a la forma del cono, columna, nódulos y distancia entre el orificio de la glándula esofagica dorsal y la base del estilete. Los caracteres morfológicos de los estiletes de las hembras primeramente detectados por el SEM fueron vistos subsecuentemente por el LM y por lo tanto son útiles en la identificación de especies. Sin embargo, la dificultad de la preparación de los especímenes reduce la utilidad de este carácter. Para observar claramente estas diferencias, el estilete debe estar a nivel y en posición exactamente lateral.

La examinación de los machos de las cuatro especies más comunes revelaron los caracteres más útiles y confiables para la identificación de especies. Se observaron las estructuras de la

cabeza, campo lateral, poro excretor y cola. Como en las hembras, los estiletes fueron extraídos de los machos y examinados por el SEM. Las únicas diferencias presentes en la morfología externa fueron en la forma de la cabeza. La expresión de las sensillas labiales, la forma del disco labial, labios medios y laterales, estrías de la región labial y el ancho de la región de la cabeza en relación al primer annulo del cuerpo, fueron diferentes entre las especies. Igualmente, ocurrieron diferencias entre las especies en la forma del cono del estilete, columna, nódulos y en la distancia entre el orificio de la glándula esofagica dorsal a la base del estilete. A diferencia que en el segundo estadío juvenil y hembra, los caracteres morfológicos revelados por el SEM fueron facilmente visibles en el microscopio compuesto. La forma de la cabeza y la morfología del estilete de los machos son por lo tanto recomendadas como caracteres útiles y confiables para la identificación de las cuatro especies más comunes del nemátodo del nódulo de la raíz.

La forma de la cabeza y la morfología del estilete de los machos no son por supruesto, los unicos caracteres que deben ser examinados para la identificación de las especies de éstos nemátodos. Para la identificación final de una especie, deben usane haste donde sea posible otros caracteres complementarios (morfología, reacción de hospederos, citología, bioquímica, ecología). Una identificación correcta es muy importante para la programación de medidas efectivas de control. Recientemente se ha publicado una caracterización más completa de las cuatro especies más comunes para facilitar una identificación más precisa (1).

Referencia

1. Eisenback, J. D., H. Hirschmann, J. N. Sasser, and A. C. Triantaphyllou. 1981. A guide to the four most common species of root-knot nematodes (Meloidogyne species) with a pictorial key. A Cooperative Publication of the Departments of Plant Pathology and Genetics, North Carolina State University and The United States Agency for International Development. Raleigh, N.C. 48 pp.

MORPHOLOGICAL CHARACTERS USEFUL IN THE IDENTIFICATION OF *MELOIDOGYNE* SPECIES

J. D. Eisenback*

An accurate identification of the *Meloidogyne* species present in a given field is necessary for the effective control of root-knot nematodes. Some crops are susceptible to some species but not others, and resistant cultivars are generally not effective against all species of *Meloidogyne*. Even chemical usage is enhanced by correct species identifications because application is not necessary if the crop to be planted is not a host for the species infesting the soil.

Often the identification of root-knot species is difficult because the morphological characters commonly used to distinguish species are quite variable. Other techniques useful for species identifications are either time consuming or require sophisticated equipment and highly trained personnel.

An important goal of the International *Meloidogyne* Project has been to elucidate new and more reliable morphological characters that would make the identifications of species practical and more rapid in laboratories with limited equipment and personnel. Morphological characterization of the four most common species, *Meloidogyne incognita*, *M. javanica*, *M. arenaria*, and *M. hapla*, has been emphasized. Because these nematodes are extremely small, the scanning electron microscope (SEM) has been utilized to examine critically second-stage juveniles, males, and females. The SEM gives a three-dimensional image with high resolution and large depth of focus of the external surface morphology. The value of the SEM is that it greatly clarifies morphological details that are often subsequently visible by light microscopy (LM). Because the SEM is not readily available to many investigators, only characters that can also be seen by LM are of practical value.

The external morphology of second-stage juveniles of the four most common *Meloidogyne* species were examined by SEM. Observations were made on head structures, lateral field, excretory pore, anal opening, and tail. Body morphology was of little taxonomic value. Head morphology—

---

*Research Associate, North Carolina State University, Raleigh, N.C., USA.

including expression of sensilla; shape of labial disc, medial lips, and lateral lips; and markings on the head region--was distinctly different among the species. Unfortunately, differences in the head morphology of second-stage juveniles were too small to be seen clearly by LM.

In the past, the morphology of the female has provided the most important characters in routine species identifications. Perineal patterns and head morphology of the four common species were examined by SEM. In addition, a technique was developed for the removal of the stylet from a female for SEM observation. New characters of perineal patterns among the species were not revealed by SEM. Differences in head morphology, however, were found. Head shape differed among the species in the expression of sensilla; shape of the labial disc, medial lips, and lateral lips; and markings on the head region. Unfortunately, the heads of females are difficult to prepare, orientate, and see clearly by LM. The most useful new character of females is stylet morphology. As elucidated by SEM, distinct differences exist among the species. Differences occur in the shape of the cone, shaft, and knobs and distance of the dorsal esophageal gland orifice to the base of the stylet. The morphological characters of the stylets of females first detected by SEM were seen subsequently by LM and are thus helpful in species identification. Difficulty in specimen preparation, however, reduces the usefulness of this character. In order for these differences to be seen clearly, the stylet must be level and in exact lateral position.

Examination of males of the four most common species revealed the most useful and reliable characters for species identification. Observations were made on head structures, lateral field, excretory pore, and tail. As in the females, the stylets were excised from the males and examined by SEM. The only differences that occurred in the external morphology was in the shape of the head. The expression of the labial sensilla; the shape of the labial disc, medial lips, and lateral lips; the markings on the head region; and the width of the head region in relation to the first body annule were different among the species. Likewise, differences occurred among the species in the shape of the stylet cone, shaft and knobs and in the distance of the dorsal esophageal gland orifice to the base of the stylet. Unlike in the second-stage juvenile and female, the morphological characters revealed by the SEM

were readily visible by LM. Head shape and stylet morphology of males are thus recommended as useful and reliable characters in the identification of the four most common species of root-knot nematodes.

The head shape and stylet morphology of males are not, of course, the only characters that should be examined in the identification of root-knot species. As many different characters (morphology, host response, cytology, biochemistry, ecology) as possible should be used congruently in the final identification of a species. A correct identification is extremely important in the design of effective control programs. A more complete characterization of the four common species has been prepared recently and should allow more accurate identifications (1).

References

1. Eisenback, J. D., H. Hirschmann, J. N. Sasser, and A. C. Triantaphyllou. 1981. A guide to the four most common species of root-knot nematodes (Meloidogyne species) with a pictorial key. A Cooperative Publication of the Departments of Plant Pathology and Genetics, North Carolina State University and The United States Agency for International Development. Raleigh, NC. 48 pp.

ESTUDIOS CITOGENETICOS Y BIOQUIMICOS COMO AYUDA PARA LA IDENTIFICACION

A. C. Triantaphyllou*

Cerca de 150 poblaciones pertenecientes a las especies más comúnes de Meloidogyne, fueron estudiadas con respecto a su reproducción, proceso de maduración de oocitos y número cromosómico. El número total de poblaciones estudiadas desde la fundación del Proyecto Internacional de Meloidogyne exede actualmente los 500. Caracteres citogenéticos son muy útiles y confiables en la identificación de muchas especies. Lo siguiente es un resúmen de los caracteres citogenéticos de las cuatro especies principales de Meloidogyne.

M. incognita. Las poblaciones de M. incognita se reproducen exclusivamente por partenogénesis mitótica. Existen dos formas cromosómicas dentro de esta especie. Una forma tiene 2n = 32 a 36 cromosomas y es considerada diploide. La otra forma tiene 2n = 40 a 46 cromosomas y probablemente es un triploide. La forma triploide es hasta ahora la más común y ampliamente distribuída alrededor del mundo. Todas las poblaciones de M. incognita tienen una característica citológica peculiar que las separa de las poblaciones de todas las otras especies de Meloidogyne. Los oocitos de M. incognita estan en profase, cuando pasan la espermateca y permanecen en este estado hasta que se encuentran en la parte posterior del útero, en donde rápidamente avanzan a metafase. Durante todo este periodo prolongado de profase, los cromosomas estan agrupados muy cerca el uno del otro y no pueden ser observados o contados individualmente. Contrariamente a esta situación, los oocitos de todas las otras especies de Meloidogyne, avanzan a metafase tan pronto cuando estan pasando de la espermateca hacia el útero. Mas aún, los cromosomas estan dispersos en una área grande, son distintivos y pueden ser contados muy fácilmente.

M. arenaria. Todas las poblaciones de M. arenaria se reproducen por partenogénesis mitótica. Dos razas cromosómicas son reconocidas

---

*Professor of Genetics, North Carolina State University, Raleigh, NC.

en esta especie. La raza A es la más común e incluye poblaciones triploides con 3n = 50 a 56 cromosomas. Raza B es la raza diploide con 2n = 34 a 37. Los cromosomas de M. arenaria son similares en morfología y conducta a las de M. javanica. Las dos especies difieren solamente en número cromosómico. Por lo tanto, la determinación del número aproximado de cromosomas es esencial para diferenciar estas dos especies.

M. hapla. Esta especie comprende poblaciones de dos razas citogenéticamente distintas (A y B). La raza A es la más común e incluye poblaciones que se reproducen por partenogenesis meiotica facultativa. La mayoría de ellas tienen un número cromosómico haploide de n = 16 ó 17 algunas tienen n = 14 ó 15. Las poblaciones de la raza B, se reproducen exclusivamente por partogenesis mitótica. Algunas de ellas son diploides con 2n = 30 a 31, pero la mayoría son triploides con 3n = 43 a 48 cromosomas.

Las poblaciones de la raza A son fácilmente identificadas citológicamente por la presencia de 14 a 17 cromosomas bivalentes (tetradas) en metafase de la primera división de maduración de los oocitos. Ninguna de las otras tres especies principales forma bivalentes. Distinguir la raza B de M. hapla de otras especies, sin embargo, no es posible sin la ayuda de caracteres taxonómicos adicionales. Las poblaciones de la raza B tienen cromosomas univalentes (diadas) similares en morfología y conducta a los de M. arenaria y M. javanica. También hay una superposición en el número cromosómico entre M. hapla (raza B) y M. javanica.

M. javanica. Las poblaciones de M. javanica se reproducen por partenogénesis mitótica. El número cromosómico varía de 2n = 43 a 48. Todas las poblaciones pertenecen a la misma forma cromosómica que representa un triploide. En la metafase de una sola división de maduración, los cromosómas M. javanica son univalentes (diadas), distribuídos a lo largo de la placa metafasica y pueden ser contados más fácilmente que los de cualquier otra especie. Usualmente, dos a cuatro oocitos, localizados en el útero cerca de la espermateca estan en metafase y pueden ser estudiados. Todos los otros oocitos en el útero han avanzado a anafase y telofase y son de limitado valor para estudios citológicos.

CYTOGENETIC AND BIOCHEMICAL STUDIES AS AN AID TO IDENTIFICATION

A. C. Triantaphyllou*

About 150 populations belonging to the most common species of Meloidogyne were studied with regard to mode of reproduction, process of maturation of oocytes, and chromosome number. The total number of populations studied since the beginning of the IMP has now exceeded 500. Cytogenetic characters are very helpful and reliable in the identification of many species. The following is a summary of the cytogenetic characteristics of the four major species of Meloidogyne.

M. incognita. Populations of M. incognita reproduce exclusively by mitotic parthenogenesis. There are two chromosomal forms within this species. One form has 2n=32 to 36 chromosomes and is considered to be diploid; the other form has 2n=40 to 46 chromosomes and probably represents a triploid. The triploid form is by far the more common and widely distributed around the world. All populations of M. incognita have a unique cytological feature that separates them from populations of all other species of Meloidogyne. The oocytes of M. incognita are at prophase as they pass through the spermatotheca and remain in this stage until they have migrated to the posterior part of the uterus, when they suddenly advance to metaphase. During all this prolonged period of prophase, the chromosomes are bunched close to each other and cannot be seen individually or counted. Contrary to this situation, oocytes of all other Meloidogyne species advance to metaphase as soon as they pass through the spermatotheca into the uterus. Furthermore, the chromosomes are spread in a large area; they are discrete, and can be counted fairly easily.

M. arenaria. All populations of M. arenaria reproduce by mitotic parthenogenesis. Two chromosomal races are recognized in this species. Race A is the most common and includes triploid populations with 3n=50 to 56 chromosomes. Race B is the diploid race with 2n=34 to 37. The chromosomes of M. arenaria are similar in morphology and behavior to those of M. javanica. The two species differ only in chromosome number. Therefore, determination

*North Carolina State University, Raleigh, N.C., USA

of the approximate chromosome number is essential for differentiating between these two species.

M. hapla. This species is made up of populations belonging to two distinct cytogenetic races (A and B). Race A is the more common and includes populations that reproduce by facultative, meiotic parthenogenesis. Most of them have a haploid chromosome number of n=16 or 17; some have n=14 or 15. Race B populations reproduce exclusively by mitotic parthenogenesis. Some of them are diploid with 2n=30 to 31, but most are triploid with 3n=43 to 48 chromosomes.

Populations of race A are readily identified cytogenetically by the presence of 14 to 17 bivalent chromosomes (tetrads) at metaphase of the first maturation division of oocytes. None of the other three major species form bivalents. Distinguishing race B of M. hapla from other species, however, is not possible without the help of additional taxonomic characters. Race B populations have univalent chromosomes (dyads) similar in morphology and behavior to those of M. arenaria and M. javanica. Also there is an overlap in chromosome number between M. hapla (race B) and M. javanica.

M. javanica. Populations of M. javanica reproduce by mitotic parthenogenesis. The chromosome number varies from 2n=43 to 48. All populations belong to the same chromosomal form, which may represent a triploid. At metaphase of the single maturation division, the chromosomes of M. javanica are univalents (dyads) spread in a large metaphase plate, and can be counted easier than those of any other species. Usually, two to four oocytes located in the uterus close to the spermatotheca are at metaphase and can be studied. All other oocytes in the uterus have advanced to anaphase and telophase and are of limited value for cytological study.

PRUEBA DIFERENCIAL DE HOSPEDEROS - OBJETIVOS Y LIMITACIONES

J. N. Sasser*

Este breve resumen de los objetivos y limitaciones de la prueba diferencial de hospederos ha sido incitado por los numerosos pedidos de varias partes del mundo de semilla de los hospederos diferenciales. Esto indica que los investigadores están tratando de identificar sus poblaciones de Meloidogyne por este método. Nosotros estamos complacidos que los investigadores estén usando esta técnica, pero deseamos exponer claramente sus objetivos originales y sus limitaciones.

La prueba diferencial de hospederos tiene dos objetivos específicos:

1. Dar una indicación preliminar de la especie de Meloidogyne en identificación basada en la reacción "usual" como se muestra en la Tabla 1, y,

2. Detectar variación patogénica evidenciada por las reacciones de hospederos que sea significativamente diferente de la reacción usual mostrada en la Tabla 1 para las diferentes especies.

Las razones por las que la identificación no puede confiarse completamente en la prueba diferencial de hospederos son: a) La población puede contener más de una especie y b) La población puede pertenecer a una especie para la cual no se tiene o se tiene datos limitados de la reacción de los hospederos, o sea, una especie que no sea M. incognita, M. javanica, M. hapla o M. arenaria.

Si la población pertenece a una de las especies mencionadas, la prueba diferencial de hospederos es bastante confiable en dar una identificación basada en la reacción de hospederos. La reacción de los diferenciales seleccionados para las cuatro especies más comunes y destribuidas que se muestra en la Tabla 1 está basada en ciento de pruebas. La identificación final, sin embargo, debe hacerse en caracteres adicionales. La morfología del patrón perineal de las hembras adultas puede proveer información adicional útil. Cuando sea posible, debe usarse posteriores datos morfológicos y citológicos.

---

*Investigador principal, Oficina Central del Proyecto Internacional de Meloidogyne. Raleigh, Carolina del Norte, E.E.U.U.

Después que la especie ha sido identificada, el segundo objetivo o beneficio derivado de la prueba de hospederos diferenciales es detectar diferencias significativas en la reacción de hospederos (variación patogénica) de la especie (población) de la establecida como usual para esa especie. La Tabla 1 indica que hay claras diferencias en la reacción de hospederos para cada una de las especies. Cualquier desviación apreciable de la mostrada indica que la población es diferente de otras ya estudiadas. Nosotros hemos detectado una cuantas poblaciones de M. javanica que no reaccionan de acuerdo a lo considerado normal para esta especie. Por ejemplo, nosotros hemos encontrado una poblaciones que infectan y reproducen en pimiento 'California Wonder' que normalmente no es atacado por M. javanica. Similarmente hemos encontrado cuatro poblaciones de M. javanica, de 301 estudiadas, que atacan maní. Así, a través de estas pruebas que involucran poblaciones de muchas partes del mundo, podemos darnos una idea de cuan estables estas especies son con referencia a su reacción en las diferenciales usadas.

Tabla 1. Reacción usual de los hospederos diferenciales a las cuatro especies más comunes de *Meloidogyne*.

Especies de *Meloidogyne*	Hospedero Diferencial[1/]					
	Tobaco	Algodón	Pimiento	Sandía	Maní	Tomate
M. incognita	- [2/] (+)[3/]	+ (-)	+	+	-	+
M. javanica	+	-	-	+	-	+
M. hapla	+	-	+	-	+	+
M. arenaria	+	-	+	+	+ (-)	+

[1/] Las variedades de plantas incluyen: Tabaco NC95, algodón Deltapine 16, pimiento California Wonder, sandía Charleston Gray, maní Florunner, tomate Rutgers.

[2/] Diferencial más importante para esa especies.

[3/] Algunas poblaciones atacan al hospedero diferencial; otras no.

DIFFERENTIAL HOST TEST--PURPOSE AND LIMITATIONS

J. N. Sasser*

This brief statement of the purpose and limitations of the differential host test has been prompted because of the numerous requests from various parts of the world for seed of the differential hosts. Indications are that the investigators are attempting to identify their Meloidogyne populations by this method. We are encouraged that researchers are employing this technique, but wish to make clear its original purpose and limitations.

The differential host test has two specific objectives:

1) To give a preliminary indication of the Meloidogyne species in question based on the "usual" host response as shown in Table 1, and

2) To detect pathogenic variation as evidenced by host responses significantly different from the "usual" shown in Table 1, for the various species.

The reasons the differential host test cannot be relied on entirely for identification are (a) the population may contain more than one species; and (b) the population may comprise a species for which we have no or limited host response data, that is, a species other than M. incognita, M. javanica, M. hapla, or M. arenaria.

If the population happens to be one of the aforementioned species, the differential host test is fairly reliable in giving an identification based on the host response. The reaction of the selected differentials to the four common and widely spread species shown in Table 1 is based on hundreds of tests. Final identification, however, should be based on additional characters. Perineal pattern morphology of adult females can provide additional useful information. Where possible, further morphological and cytological data should be used.

After the species has been identified, the second objective or benefit to be derived from the differential host test is to detect significant differences in host response (pathogenic variation) of the species (population) from that established as usual for that species. Table 1 indicates that there are distinct differences in host responses for each of the species. Any appreciable deviation from that shown indicates the

*Principal Investigator, International Meloidogyne Project Headquarters, Raleigh, N.C., USA.

population is different from others studied. We have detected a few populations of *M. javanica* which do not react according to that considered "normal" for this species. For example, we have found a few populations that infect and reproduce on California Wonder pepper which normally is not attacked by *M. javanica*. Similarly, we have found four populations of *M. javanica*, out of 301 studied, which attack peanut. Thus, through these tests, involving populations from many parts of the world, we can gain some insight into how stable these species are with reference to their reaction on the differentials used.

Table 1. Usual Response of the Differential Hosts to the Four Common *Meloidogyne* Species.

Meloidogyne species	Differential Hosts[1/]					
	Tobacco	Cotton	Pepper	Watermelon	Peanut	Tomato
M. incognita	$\boxed{-}$[2/] (+)[3/]	$\boxed{+}$ (-)	+	+	-	+
M. javanica	+	-	$\boxed{-}$	+	-	+
M. hapla	+	-	+	$\boxed{-}$	$\boxed{+}$	+
M. arenaria	+	-	+	+	$\boxed{+}$ (-)	+

[1/] Plant varieties include: Tobacco, NC 95; Cotton, Deltapine 16; Pepper, California Wonder; Watermelon, Charleston Grey; Peanut, Florunner; Tomato, Rutgers.

[2/] Indicates key differentials for that species.

[3/] Some populations attack the differential host while others do not.

TECNICA PARA TINCION CON FLOXINE B DE MASAS DE HUEVOS DE NEMATODOS DEL NUDO DE LA RAIZ

Kerrick Hartman*

Objetivo

Al evaluar la severidad de la infección del nemátodo del nudo de la raíz, es generalmente necesario examinar las raices y contar el número de masas de huevos en desarrollo para calificar el sistema radicular en una escala estandarizada. La escala usada por el Proyecto Internacional de Meloidogyne es 0 = no agallas y/o masas de huevos, 1 = 1-2, 2 = 3-10, 3 = 11-30, 4 = 31-100, y 5 = > 100. Esta escala se usa para calificar los hospederos diferenciales de Carolina del Norte y para evaluar y seleccionar la resistencia de los cultivares.

Contar el número de masas de huevos puede ser cansador y requiere gran esfuerzo de la vista cuando se evaluan grandes cantidades de plantas. Cuando las masas de huevos son muy pequeñas o pocas en número, es ventajoso usar una solución de floxine. B (C.I. No. 45410) para hacerlas resaltar Colocar las raíces en una solución del tinte causará que la masa gelatinosa, que rodea los huevos, se torne roja pero no teñirá los nudos de la raíz.

La ventaja de esta técnica es que los huevos permanecen viables después de la tinción. Si la técnica se hace con cuidado, las masas de huevos podrán verse facilmente aún en raíces fotografiadas.

Metodo

Para preparar la solución floxine B, use 15 mg. de floxine B/ 1000 ml de agua. Solución al (0.0015%).

Lave las raíces para que queden libres de suelo, colóquelas en la solución y dejelas allí por 15-20 minutos; luego extraígalas para examinarlas. Aumente o disminuya el tiempo de tinción, como sea necesario. La solución del tinte puede volver a usarse varias veces pasándola a travez de un tamiz de 500 mesh para eliminar los huevos y restos orgánicos.

---

*Proyecto Internacional de Meloidogyne. Asistente de Investigación en el área de mejoramiento para resistencia. Universidad Estatal de Carolina del Norte.

Referencia

Dickson, D. W. y F. B. Struble. 1965. A sieving-staining technique for extraction of egg masses of *Meloidogyne incognita* from soil. Phytopathology 55:497 (Abstr.).

ENHANCEMENT TECHNIQUE FOR EGG MASSES OF THE ROOT-KNOT NEMATODE WITH PHLOXINE B

Kerrick Hartman*

Purpose

In rating the severity of root-knot nematode infection, it is often necessary to examine roots and assess the number of developing egg masses in order to rate the root system on a standard scale. The standard rating system used by the International Meloidogyne Project is: 0 = no galls and/or egg masses, 1 = 1-2, 2 = 3-10, 3 = 11-30, 4 = 31-100, and 5 = > 100. This system is used for rating hosts in the N.C. differential host test and for screening crop cultivars for resistance.

Rating egg mass numbers can be tedious and eye straining when large numbers of plants are being evaluated. When egg masses are quite small or there are few in number, it is very advantageous to use a solution of Phloxine B (C.I. No. 45410) to enhance the egg masses. Placing the root systems in a solution of the stain will cause the gelatinous matrix surrounding the eggs to turn pink to red in color, but will not cause roots or galls to be stained. The advantage of this technique is that after being stained, the eggs remain viable. If the enhancement of egg masses is done with care, egg masses can be seen readily when root systems are photographed.

Method

To prepare a Phloxine B solution, use 15 mg Phloxine B/1000 ml H_2O (0.0015% solution). Place root system which has been washed free of soil in solution and let stand for 15-20 minutes, then remove for examination. Increase or decrease staining time as necessary. The stain solution can be reused several times by passing it through a 500-mesh sieve to remove all eggs and debris.

Reference

Dickson, D. W. and F. B. Struble. 1965. A sieving-staining technique for extraction of egg masses of Meloidogyne incognita from soil. Phytopathology 55:497 (Abstr.).

---

*IMP Research Assistant in the area of breeding for resistance, North Carolina State University.

MEJORAMIENTO DE PAPA POR RESISTENCIA AL NEMATODO DEL NUDO, MELOIDOGYNE INCOGNITA

H. A. Mendoza y P. Jatala*

INTRODUCCION

Los nematódos que producen nódulos o agallas en las raíces de la papa pertenecen al género Meloidogyne. El daño producido por estos nemátodos no se restringe solamente a la disminución en el rendimiento debido al daño producido al sistema radicular de las plantas, sino también a la pérdida de calidad de la cosecha debido a los daños directos producidos en los tubérculos. Se considera que un ataque severo puede reducir el rendimiento hasta en un 25%. Sin embargo, la pérdida en la rentabilidad del cultivo puede ser mucho mayor si se considera el daño producido en los tubérculos.

Los nemátodos el nudo se encuentran ampliamente diseminados, particularmente en habitats donde la temperatura del suelo es de 20°C o más. Hasta el presente estos nemátodos no han constituido un enemigo muy importante para las papas desde que estas son cultivadas bajo condiciones ecológicas que no son muy favorables para el desarrollo del parásito. Por esta razón, en el pasado, los esfuerzos para realizar trabajos de mejoramiento por resistencia a estos nemátodos han sido muy limitados y sólo se ha reportado el clon H-294 resistente al nemátodo del nudo, obtenido por científicos hindúes. En resumen, no ha existido suficiente justificación económica para emprender un programa de mejoramiento, a gran escala, por resistencia a estos nemátodos.

Sin embargo, en 1972, se creó el Centro Internacional de la Papa con el objetivo fundamental de ayudar a incrementar la productividad de este cultivo en los países en vías de desarrollo, concentrados principalmente en el área tropical y subtropical del mundo. Al delinearse las áreas de concentración de trabajo, se estableció como una de las prioridades de investigación la posibilidad de extender el cultivo hacia zonas más calurosas que aquellas en que tradicionalmente se ha

---

*Jefe, Departamento de Genética y Jefe, Departamento de Nematología y Entomología, respectivamente. Centro Internacional de la Papa, Apartado 5969, Lima, Perú

desarrollado este cultivo. En estas áreas se cultivan papas aunque la producción es generalmente de mediana a baja. Las razones fundamentales de tales rendimientos son: en primer lugar la falta de adaptación de los cultivares utilizados, ya que estos han sido seleccionados bajo condiciones ecológicas diferentes, y la tecnología inadecuada empleada en el cultivo.

MEJORAMIENTO POR RESISTENCIA AL NEMATODO DEL NUDO

Siguiendo los lineamientos generales del mejoramiento de plantas, toda vez que se proyecta extender un cultivo a zonas ecológicas no tradicionales, se debe estudiar críticamente una serie de factores en forma secuencial. El análisis de dichos factores permitirá determinar si el proyecto es factible y si lo fuera, inventariar los recursos disponibles, establecer los principios y diseñar la metodología adecuada y estimar el tiempo necesario para la consecución de los objetivos. Los factores a determinarse son los siguientes:

1. Definición de las condiciones ecológicas, considerando sus componentes bióticos y abióticos.
2. Evaluar los recursos genéticos disponibles determinando si existe variabilidad genética que permita adaptar el cultivo a las condiciones ecológicas definidas en el punto 1.
3. Si la variabilidad genética está presente, definir una estrategia de trabajo basada en principios y metodología adecuados que permitan obtener los resultados en el plazo más corto.

A continuación analizaremos cada uno de estos puntos enfatizando en el mejoramiento por resistencia a Meloidogyne spp., como uno de los componentes importantes dentro del esfuerzo global de adaptación del cultivo de la papa a las condiciones de los trópicos calurosos y húmedos.

Definición de las Condiciones Ecológicas y sus Factores Limitantes para la Producción de Papa en los Trópicos Calurosos y Húmedos

Mendoza y Estrada describieron detalladamente las condiciones climatológicas imperantes en los trópicos bajos (2). Dentro de los factores limitantes de naturaleza biótica indicaron, entre otros, que la presencia frecuente de Meloidogyne spp. y Pseudomonas solanacearum constituían una amenaza constante para el cultivo. La gran importancia

de Meloidogyne es no solamente por sus daños directos al cultivo, sino también por su interacción con P. solanacearum. Jatala ha demostrado que cultivares resistentes a P. solanacearum, cuando son sembrados en suelos infestados de Meloidogyne, pierden toda su resistencia y sufren severamente del ataque de la bacteria (1). Esta interacción hace obligatoria la combinación de ambas resistencias en el mismo genotipo como única alternativa de control genético de estos parásitos.

Evaluación de Recursos Genéticos Disponibles Para el Mejoramiento

Un programa de mejoramiento sólo podrá tener éxito si existe variabilidad genética para el atributo o atributos que se tratan de mejorar. En el caso específico de Meloidogyne, era indispensable buscar fuentes de resistencia y determinar el grado de transmisibilidad de dicha resistencia a las progenies resultantes de los cruzamientos entre los genotipos resistentes. El primer paso fue buscar resistencia en material cultivado del género Solanum y se procedió a una evaluación masiva de clones cultivados de diferentes niveles de ploidía. Los resultados de tales evaluaciones se presentan en la Tabla 1.

Los datos presentados en la Tabla 1 indican que la frecuencia de clones resistentes es muy baja y aún empeorando la situación, el nivel de resistencia es también bajo. Con una población de base de tales características el progreso producido por la selección sería lento y con pocas probabilidades de elevar el nivel de resistencia.

Continuando con la evalucación de germoplasma cultivado se tomó una población de material diploide (Phureja-Stenotomum) en la cual, en evaluaciones previas, se había encontrado resistencia a P. solanacearum y al virus Y. Los resultados de la evaluación por resistencia a Meloidogyne arrojan los resultados que se presentan en la Tabla 2.

El porcentaje de genotipos resistentes concuerda con los presentados en la Tabla 1. De los 28 genotipos resistentes sólo uno presentó grado 1 (inmune), 10 presentaron grado 2 (altamente resistente) y 17 presentaron grado 2.5. Esto demuestra que la inmunidad era un evento muy raro en esta población (1 en 1020) y que el nivel de resistencia, 2.7% era muy bajo. Además, el hecho de que los 28 individuos resistentes estuvieran en 21 familias indica que los genes de resistencia estaban completamente diseminados en esta

Tabla 1. Papas cultivadas probadas por resistencia *Meloidogyne incognita*

Material Probado	No. de Clones	% Resistencia	Nivel de Resistencia
Germoplasma	5865	1.8	bajo
Otros	750	1.9	bajo

Tabla 2. Reacción de materiales diploides *Solanum* al nemátodo del nudo de la raíz

	No. Probado	No. Resistentes	% Resistentes
Familias	51	21	41
Genotipos	1020	28	2.7

Tabla 3. Reacción de algunas especies tuberíferas de *Solanum* probadas por resistencia a *Meloidogyne incognita*

	No. Probado	% Resistencia	Nivel de Resistencia
Especies	65	40.8	Bajo a muy alto
Accesiones	482	18.6	Bajo a muy alto
Genotipos	8060	3.5	Bajo a muy alto

población. Desde el punto de vista de mejoramiento la conclusión sería la misma que para el material presentado en la Tabla 1.

Ante estos resultados se procedió a evaluar una colección de especies tuberíferas silvestres del género Solanum, con resultados mucho más halagadores, tanto en los porcentajes, así como en los niveles de resistencia, tal como se muestra en la Tabla 3.

De este grupo de 65 especies se seleccionaron tres especies diploides no solamente por presentar altos niveles de resistencia sino también por la facilidad con la que podrían ser cruzados con diploides cultivados. Las especies seleccionadas fueron S. sparsipilum, S. chacoense y S. microdontum.

Concluidas estas evaluaciones se obtuvo información precisa acerca del potencial para mejoramiento de los diferentes grupos de germoplasma, cultivado y silvestre evaluados y contando con estos recursos genéticos se pudo establecer una estrategia de mejoramiento.

Principios y Metodología de Mejoramiento

La evaluación de los recuros genéticos había indicado dos hechos fundamentales: (a) un germoplasma cultivado con baja frecuencia de genotipos resistentes y bajo nivel de resistencia, y (b) un germoplasma silvestre con alta frecuencia de genotipos resistentes y alto grado de resistencia. Sin embargo, estos caracteres estaban acompañados de atributos agronómicos indeseables.

Para realizar el mejoramiento, las metas establecidas fueron:

a) Investigar el patrón hereditario de la resistencia,
b) Incrementar la frecuencia de los genes que controlan la resistencia,
c) Incrementar el grado de resistencia, y
d) Mejorar las características agronómicas del material resistente.

Para lograr estos fines se eligió un método de mejoramiento poblacional basado en selección recurrente fenotípica que además de permitir un incremento rápido de la frecuencia de los genes de resistencia, también permitía mantener una amplia diversidad genética en la población, factor muy importante para mantener un alto potencial de rendimiento.

RESULTADOS DEL TRABAJO DE GENETICA Y MEJORAMIENTO

El primer intento de mejoramiento por resistencia fue realizado empleando los genotipos resistentes seleccionados de la población Phureja-Stenotomum (ver Tabla 2) que fue tomada como población de partida o ciclo 0. El método de cruzamiento fue el de Policruza, es decir, que cada clon utilizado como hembra fue polinizado con una mezcla de polen proveniente de los progenitores que fueron resistentes. En este sistema sólo se conserva la identidad de la hembra. Para fines de evaluación se sembró 50 semillas de 29 progenies híbridas (total de 1450 semillas). La sobrevivencia de las plántulas fue relativamente pobre debido a condiciones ecológicas desfavorables y a un ataque muy severo del nemátodo. Al final sólo se contaron 75 plántulas y las reacciones que presentaron se indican en la Tabla 4.

Estos resultados aparentemente alentadores tienen un valor muy relativo ya que si se considera que la población inicial fue de 1450 plántulas y consideramos como resistentes las plantas con grados 1 y 2 que son en total 52, sólo representan 3.6% lo que indica que el progreso alcanzado en un ciclo de selección recurrente fue muy pequeño. Estos resultados tampoco permitieron hacer ninguna inferencia sobre la modalidad hereditaria de la resistencia a Meloidogyne.

Puesto que el avance genético logrado con un ciclo de selección usando materiales diploides cultivados había sido insignificante, se decidió recurrir a las especies silvestres como fuente de resistencia. Se utilizaron principalmente S. sparsipilum, S. chacoense y S. microdontum en combinaciones híbridas con los genotipos de la población Phureja-Stenotomum que presentaron el mayor grado de resistencia. Se creó una población formada por 62 familias y se evaluó un total de 4015 plántulas. Los resultados de esta evaluaciones se presentan en la Tabla 5.

Estos resultados sugieren que dos o más pares de genes que interaccionan entre sí estarían controlando la resistencia a Meloidogyne. Sin embargo, aparentemente existía un cierto efecto maternal que oscurecería la interpretación de los resultados. Los cruces de resistente por susceptible arrojaron un 27.8% de individuos inmunes, mientras que los cruces recíprocos sólo dieron un 4.5% de inmunes.

Tabla 4. Número de plántulas sobrevivientes con su respectivo grado de reacción al nemátodo del nudo de la raíz

Grado	No. de Plántulas	%
1	34	45.3
2	18	24.0
3	17	22.6
4	6	8.0
5	0	0.0
Total	75	99.9

Tabla 5. Reacción de diversos cruces interespecíficos entre material diploide a *Meloidogyne incognita*

Combinación	No. de fam.	Indice de Agallamiento Radicular* 1	2	3	4	5	No. de Genotipos
Res x Res	20	51.32	10.77	35.12	2.36	0.00	1058
Res x Sus	12	27.86	10.15	51.17	10.15	0.00	768
Sus x Res	21	4.50	10.00	66.35	19.05	0.07	1370
Sus x Sus	9	.12	.24	44.07	51.28	3.05	819

*1 - inmune
2 - resistente
3 - moderadamente susceptible
4 - susceptible
5 = muy susceptible

Los resultados de la Tabla 5 también muestran claramente el progreso notable en la selección por resistencia que se podría lograr utilizando el germoplasma silvestre como fuente de resistencia.

En la Tabla 6 se puede observar los resultados de la selección recurrente fenotípica en el mejoramiento de la resistencia a Meloidogyne. El incremento en el porcentaje de genotipos resistentes dentro de la población es muy significativo cambiando de 3.5% en el primer ciclo a 35.5% en el cuarto ciclo.

Con el objeto de obtener mahor información sobre la naturaleza de la resistencia a Meloidogyne, se diseñó un experimento utilizando 7 clones diploides de los cuales cuatro eran susceptibles y tres resistentes. La relación de estos clones así como la especie a que pertenecían se presenta en la Tabla 7.

Estos clones fueron cruzados siguiendo un diseño dialélico con recíprocos. Las progenies obtenidas en estos cruces figuran en la Tabla 8.

La evaluación de las progenies fue realizada en el invernadero inoculando las plántulas individualmente. El experimento se condujo en bloques completos al azar con 3 replicaciones y 40 plántulas por unidad experimental. El análisis de variancia de los resultados se presentan en la Tabla 9. Se puede observar que los cuadrados medios para la habilidad combinatoria general, específica y efectos recíprocos son altamente significativos. Las magnitudes de los componentes de variancia están sugiriendo que los efectos aditivos son predominantes en el control de la resistencia a Meloidogyne. En consecuencia, la heredabilidad para este atributo es alta, h^2 = 0.74, valor que indica que la respuesta a la selección será significativa. También se puede apreciar que los efectos recíprocos son equivalentes en magnitud a una cuarta parte de los efectos de habilidad combinatoria general. Esto indica que en el trabajo de mejoramiento se deberá ser muy cuidadoso en la selección de los progenitores femeninos ya que los resultados sugieren que genotipos en un citoplasma derivado de Solanum sparsipilum producen progenies con una mayor frecuencia de individuos resistentes. Las diferencias en cruces recíprocos puede apreciarse en la Tabla 10, en que las diferencias son altamente significativas.

Tabla 6. Evolución de la frecuencia de resistencia a *Meloidogyne incognita*

Ano	Ciclo de selección	No. Probado	% Resistencia
Hasta 1976	Población de base (Germoplasma cultivado y silvestre)	15,695	3.5
1977	Progenies 1er ciclo	2,688	4.5
1978	Progenies 2do y 3er ciclo	6,482	27.2
1979	Progenies 3er y 4to ciclo	11,085	35.5
	Total	35,950	

Tabla 7. Clones parentales para el estudio de resistencia al nemátodo del nudo de la raíz

Clon	Especie	Reacción
377106.1	*S. phureja*	Susceptible
377106.5	*S. phureja*	Susceptible
377149.1	*S. phureja*	Susceptible
66P18C-4	*S. phureja*	Susceptible
760147.2	*S. sparsipilum*	Resistente
760147.7	*S. sparsipilum*	Resistente
378929.21	(760147.7 x Phy bk LB) x (66P15.A x 760147.7)	Resistente

Tabla 8. Experimento dialélico para estudiar la resistencia a *Meloidogyne incognita* en una población diploide

	Hembras						
Machos	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7
C_1		*	*	*	*	*	*
C_2	*		*	*	*	*	*
C_3	*	*		*	*	*	*
C_4	*	*	*		*	*	*
C_5	*	*	*	*		*	*
C_6	*	*	*	*	*		*
C_7	*	*	*	*	*	*	

Tabla 9. Análisis de variancia para el experimento dialelico

Fuentes de variancia	G.L.	C.M.	E.C.M.
Replicaciones	2	7.26	
Progenies	41	532.35**	$\sigma_e^2 + 3\sigma_g^2$
H.C.G.	6	2978.25**	$\sigma_e^2 + 6\sigma_s^2 + 3\sigma_g^2$
H.C.E.	14	59.80**	$\sigma_e^2 + 6\sigma_s^2$
Recíprocas	21	148.56**	$\sigma_e^2 + 6\sigma_r^2$
Error	82	10.55	σ_e^2
Total	125		

COMPONENTES DE VARIANCIA

$\hat{\sigma}_g^2 = 97.28$ $\hat{\sigma}_r^2 = 23.00$

$\hat{\sigma}_s^2 = 8.17$ $\hat{\sigma}_e^2 = 10.55$

$$h^2 = \frac{4\hat{\sigma}^2{}_g}{4\hat{\sigma}_g^2 + 4\hat{\sigma}_s^2 + 4\hat{\sigma}_r^2 + \hat{\sigma}_e^2} = 74.2\%$$

Tabla 10. Diferencias recíprocas en progenies

Cruce	% Resistencia	Diferencia (%)
377106.1 x 760147.2	12.28	
760147.2 x 377106.1	31.03	
		19.75**
377106.1 x 760147.7	10.30	
760147.7 x 377106.1	24.17	
		13.87**
377106.1 x 378929.21	12.07	
378929.21 x 377106.1	22.50	
		9.43**
377106.5 x 760147.2	15.38	
760147.2 x 377106.5	28.16	
		12.78**
377149.1 x 760147.2	15.83	
760147.2 x 377149.1	33.33	
		17.50**
377149.1 x 378929.21	11.76	
378929.21 x 377149.1	31.63	
		19.87**

Genotipos seleccionados de estas poblaciones resistentes fueron tamizadas por producción de polen no reducido (diploandroides) y utilizados en apareamientos 4x - 2x. En estos cruces se utilizaron clones tetraploides seleccionados de una población adaptada a los trópicos bajos como progenitores femeninos. Estos clones tenían tolerancia al calor, precocidad y algunos de ellos resistencia a marchitez bacteriana (P. solanacearum). Este material tetraploide fue evaluado por resistencia y luego se aplicó un ciclo de selección en el cual se han identificado genotipos con muy buenas características agronómicas. Estos materiales se encuentran en proceso avanzado de prueba y se espera que produzcan cultivares en un lapso breve.

REFERENCIAS

1. Jatala, P. 1978. Studies on the interrelationships of the plant parasitic nematodes and other organisms on potatoes, pp. 191-193 In Report of the Second Nematode Planning Conference. International Potato Center, Lima, Peru.

2. Mendoza, H. A. and N. R. Estrada. 1979. Breeding potatoes for tolerance to stress: heat and frost, pp. 227-262 In Stress Physiology in Crop Plants, eds. Mussel & Staples.

BREEDING OF POTATO FOR RESISTANCE TO ROOT-KNOT NEMATODE, *MELOIDOGYNE INCOGNITA*

H. A. Mendoza and P. Jatala*

INTRODUCTION

Nematodes that produce root knots or galls on potato roots belong to the genus *Meloidogyne*. The damage produced by these nematodes is not restricted only to yield losses caused through the damage made to the plants' root system, but also encompasses loss in quality of the crop due to the direct damage inflicted on the tubers. A severe attack can reduce yield up to 25%. However, loss in crop profit may be even greater if the damage to the tubers is considered.

Root-knot nematodes are very widespread, principally in habitats where the soil temperature is 20°C or more. Until now, these nematodes have not constituted an important threat for potato, since the crop is cultivated under ecological conditions which are not favorable for the development of the parasite. For this reason, efforts to breed for resistance to these nematodes have been very limited, and only Clone H-294 has been reported by Indian scientists as resistant to root-knot nematodes. In summary, there has not been sufficient economic justification to begin a large-scale breeding program for resistance to these nematodes.

However, in 1972, the International Potato Center was established with the main objective of increasing the productivity of this crop in the developing countries, mainly in the tropical and subtropical regions of the world. One of the research priorities was to explore the possibility of extending the crop to warmer zones where it has not been developed traditionally. Although potatoes are grown in these areas, production is generally medium to low. The fundamental reasons for low yields are the lack of adaptation of the cultivars since they have been selected under different ecological conditions and the inadequate agronomic practices employed.

---

*Head, Breeding & Genetics Department and Head, Nematology and Entomology Department, respectively. International Potato Center, P.O. Box 5969, Lima, Perú.

BREEDING FOR RESISTANCE TO ROOT-KNOT NEMATODE

Following the general guidelines for plant breeding, whenever a crop is to be extended to non-traditional ecological zones, certain factors have to be studied sequentially. The analysis of these factors will determine whether the project is feasible. If it is, available resources must be listed, principles established, adequate methodology designed and the necessary time for achieving the objectives estimated. The factors to be determined are:

1, Definition of the ecological conditions, including the biotic and abiotic components;

2, Evaluation of available genetic resources, and determination of the existence of a genetic variability which would permit adaptation of the crop to the ecological conditions defined in (1); and

3, If genetic variability exists, definition of a work scheme based on principles and adequate methodology to obtain results in the shortest possible time.

We shall analyze each of these points, emphasizing that breeding for resistance to Meloidogyne spp. is one of the important components within the overall effort of the adaptation of the potato crop to humid lowland tropic conditions.

Definition of the Ecological Conditions and Their Limiting Factors to Potato Production in the Humid Lowland Tropics

Mendoza and Estrada described in detail the climatological conditions of the lowland tropics (2). Among other things they indicated that within the range of limiting biotic factors the frequent presence of Meloidogyne spp. and Pseudomonas solanacearum constituted a constant threat to the crop. The great importance of Meloidogyne is not only restricted to the direct damage made to the crop, but extends to the interaction with P. solanacearum. Jatala proved that cultivars resistant to P. solanacearum lose their resistance and are severely attacked by the bacteria when planted in soil infested with Meloidogyne (1). This interaction requires the combination of both resistances in the same genotype as the only alternative for the genetic control of these parasites.

Evaluation of Genetic Resources Available for Breeding

A breeding program will only be successful if genetic variability for the trait(s) for which breeding is being conducted is available. In the specific case of Meloidogyne, it was necessary to search for sources of resistance and to determine the degree to which this resistance was transferable to the progeny of the crosses between resistant genotypes. The first step was to find resistance in cultivated material of the genus Solanum and then proceed with a mass evaluation program of cultivated clones of different ploidy levels. The results of these evaluations are shown in Table 1.

Data presented in this table show that the frequency of resistant clones was very low, and to make matters worse, the level of resistance was also low. With a base population of such characteristics, progress made through selection would be slow, and the probability of increasing the level of resistance would be minimal.

Pursuing the evaluation of cultivated germ plasm, a population of a diploid (Phureja-Stonotomum), showing resistance to P. solanacearum and virus Y in previous evaluations, was screened for resistance to Meloidogyne. The results of this evaluation are presented in Table 2.

The percentage of resistant genotypes was similar to those presented in Table 1. Out of 28 resistant genotypes, only one showed a root galling index of 1 (immune); 10 showed an index of 2 (highly resistant) and 17 had a root galling index of 2.5. This finding indicates that immunity was a rare occurrence in this population (1 in 1020) and that resistance (2.7%) was very low. The fact that the 28 resistant individuals were present in 21 families proves that resistant genes were completely disseminated in this population at very low frequency. From the breeding point of view, results would be the same as for the material presented in Table 1.

In view of these results, we proceeded to evaluate a collection of wild tuber-bearing species from the genus Solanum. Promising results were obtained percentage-wise and as regards high levels of resistance in certain genotypes. Data is presented in Table 3.

From a group of 65 species, 3 diploid species were selected, not only for their high level of resistance, but also for their ability to

Table 1. Cultivated potatoes tested for resistance to *Meloidogyne incognita*.

Tested Materials	No. of Clones	% Resistance	Level of Resistance
Germ plasm	5865	1.8	low
Other	750	1.9	low

Table 2. Reaction of some diploid *Solanum* clones to root-knot nematode.

	No. tested	No. resistant	% resistant
Families	51	21	41
Genotypes	1020	28	2.7

Table 3. Reaction of some *Solanum* tuber-bearing species to *Meloidogyne incognita*.

	No. tested	% resistance	Level of resistance
Species	65	40.8	low to very high
Accessions	482	18.6	low to very high
Genotypes	8060	3.5	low to very high

cross with cultivated diploids. The selected species were S. sparsipilum, S. chacoense and S. microdontum.

With these evaluations, precise information about the value of different groups of cultivated and wild germ plasm was obtained and a breeding strategy was established.

Breeding Principles and Methodology

The evaluation of these genetic resources has revealed two fundamental facts: (a) the existence of cultivated germ plasm with a low frequency of resistant genotypes and a low level of resistance; and (b) wild germ plasm with a high frequency of resistant genotypes with a high level of resistance. However, in the latter case, these characters were accompanied by undesirable agronomic attributes.

For the breeding program, the following goals were established:

a) Investigate the hereditary pattern of resistance,

b) Increase the frequency of genes that control resistance,

c) Increase the level of resistance,

d) Improve the agronomic characteristics of the resistant material.

To obtain these goals, the population breeding method based on recurrent phenotypic selection was chosen. This method would not only permit a fast increase in the frequency of resistant genes, but it would also maintain ample genetic diversity in the population which in turn is a very important factor for maintaining high yielding capacity.

RESULTS OF THE BREEDING AND GENETICS RESEARCH

The first attempt at breeding for resistance was carried out by using selected resistant genotypes from the Phureja-Stenotomum population (Table 2) which became the base population or cycle 0. The crossing method used was a bulk cross in which each clone used as female was pollinated with a pollen mixture from all the resistant progenitors. This system maintains only the female identity. Fifty seeds from 29 hybrid progenies (a total of 1450 seeds) were planted for evaluation. Survival of seedlings was relatively poor due to adverse ecological conditions and severe nematode attack. Only 75 seedlings were counted at the end, and their reactions are presented in Table 4.

Table 4. Number of surviving seedlings and their level of reaction to root-knot nematode.

Level	No. of seedlings	%
1	34	45.3
2	18	24.0
3	17	22.6
4	6	8.0
5	0	0.0
Total	75	99.9

Table 5. Reaction of several interspecific crosses between diploid material to Meloidogyne incognita

Combinations	No. of families	Root galling index*					No. of genotypes
		1	2	3	4	5	
Res x Res	20	51.32	10.77	35.12	2.36	0.00	1058
Res x Sus	12	27.86	10.15	51.17	10.15	0.00	768
Sus x Res	21	4.50	10.00	66.35	19.05	0.07	1370
Sus x Sus	9	.12	.24	44.07	51.28	3.05	819

*1 = Immune, 2 = Resistant, 3 = Moderately susceptible, 4 = Susceptible, 5 = Very susceptible.

Although these results appear very positive, their value is relative because if we consider that the initial populations consisted of 1450 seedlings and that only plants with levels 1 and 2 were taken as resistant, a total of 52 or 3.6%, the progress obtained in the recurrent selection cycle was very small. These results did not permit any conclusions as to the hereditary nature of resistance to Meloidogyne.

Since the genetic progress made in one selection cycle using cultivated diploids had been so small, wild species were resorted to as a source of resistance. S. sparsipilum, S. chacoense and S. midrodontum were principally used in hybrid combinations with those genotypes of the Phureja-Stenotomum populations that expressed a higher level of resistance. A population of 62 families was formed and 4015 plantlets were evaluated. Results of these evaluations are shown in Table 5.

These results suggest that two or more pairs of genes that interact with each other could be controlling the resistance to Meloidogyne. However, it appears that there is a certain maternal effect that calls for caution in the interpretation of results. Crosses of resistant x susceptible show that 27.8% of the individuals are immune, while the reciprocal crosses gave only 4.5% of immune progenies.

Results in Table 5 show clearly the remarkable progress that was made in the selection for resistance using wild germ plasm as a source.

Results of the recurrent phenotypic selection in breeding for resistance to Meloidogyne are shown in Table 6. The increase in percentage of resistant genotypes within a population is very significant: changing from a 3.5% in the first cycle to 35.5% in the fourth cycle.

With the purpose of obtaining more information about the nature of the resistance to Meloidogyne, an experiment using seven diploid clones, four susceptible and three resistant, was designed. The list of these clones, as well as the species to which they belong, is presented in Table 7.

Table 6. Evolution of the frequency of resistance to *Meloidogyne incognita*.

Year	Selection cycle	No. tested	% resistance
Until 1976	Base population (wild and cultivated germ plasm)	15,695	3.5
1977	Progenies 1st cycle	2,688	4.5
1978	Progenies 2nd and 3rd cycle	6,482	27.2
1979	Progenies 3rd and 4th cycle	11,085	35.5
	Total	35,950	

Table 7. Parental clones used for studying resistance to root-knot nematode

Clone	Species	Reaction
377106.1	*S. phureja*	Susceptible
377106.5	*S. phureja*	Susceptible
377149.1	*S. phureja*	Susceptible
66P18C-4	*S. phureja*	Susceptible
760147.2	*S. sparsipilum*	Resistant
760147.7	*S. sparsipilum*	Resistant
378929.21	(760147.7 x Phy bk LB) x (6615.A x 760147.7)	Resistant

These clones were crossed following a diallel design with reciprocals. The progenies obtained from these crosses are listed in Table 8.

Evaluation of the progenies was made by inoculating seedlings individually in the greenhouse. The experiment was carried out in a randomized complete block design with 3 replications and 40 seedlings per experimental unit. The results of the analysis of variance are presented in Table 9. Mean squares for general and specific combining ability as well as reciprocal effects are highly significant. The magnitude of the variance components suggests that additive effects are predominant in the control of resistance to Meloidogyne. Consequently, heritability for this attribute is high: $h^2 = 0.74$, a value which indicates that the response to selection will be significant. Reciprocal effects, equivalent in magnitude to one fourth of the general combining ability effects, are also observed. This indicates that great care should be taken when selecting the female progenitors since these results suggest that genotypes with cytoplasm derived from Solanum sparsipilum produce progeny with a higher frequency of resistant individuals. Highly significant differences in reciprocal crosses appear in Table 10.

Selected genotypes of these resistant populations were tested for production of non-reduced pollen (diploandroids) and utilized in a 4x-2x pairing. In these crosses, selected tetraploid clones of tropically adapted populations were utilized as female progenitors. These clones had tolerance to heat with some being resistant to bacterial wilt (P. solanacearum). This tetraploid material was evaluated for resistance and certain genotypes with very good agronomic characteristics were identified. These materials are presently in the process of advanced selection. It is hoped that cultivars will be developed in a very short time.

REFERENCES

1. Jatala, P. 1978. Studies on the interrelationships of the plant parasitic nematodes and other organisms on potatoes, pp. 191-193 In Report of the Second Nematode Planning Conference. International Potato Center, Lima, Peru.

2. Mendoza, H. A. and N. R. Estrada. 1979. Breeding potatoes for tolerance to stress: heat and frost, pp. 227-262 In Stress Physiology in Crop Plants, eds. Mussel & Staples.

Table 8. Diallelic experiment for studying resistance to *Meloidogyne incognita* in a diploid population

Males	Females C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7
C_1		*	*	*	*	*	*
C_2	*		*	*	*	*	*
C_3	*	*		*	*	*	*
C_4	*	*	*		*	*	*
C_5	*	*	*	*		*	*
C_6	*	*	*	*	*		*
C_7	*	*	*	*	*	*	

Table 9. Analysis of variance for the diallel experiment

Sources of variance	Df	M.S.	E.M.S.
Replications	2	7.26	
Progenies	41	532.35**	$\sigma_e^2 + 3\sigma_g^2$
G.C.A.	6	2978.25**	$\sigma_e^2 + 6\sigma_s^2 + 30\sigma_g^2$
S.C.A.	14	59.80**	$\sigma_e^2 + 6\sigma_s^2$
Reciprocals	21	148.56**	$\sigma_e^2 + 6\sigma_r^2$
Error	82	10.55	σ_e^2
Total	125		

COMPONENTS OF VARIANCE

$\hat{\sigma}_g^2 = 97.28$ $\hat{\sigma}_r^2 = 23.00$

$\hat{\sigma}_s^2 = 8.17$ $\hat{\sigma}_e^2 = 10.55$

$$h^2 = \frac{4\hat{\sigma}_g^2}{4\hat{\sigma}_g^2 + 4\hat{\sigma}_s^2 + 4\hat{\sigma}_r^2 + \hat{\sigma}_e^2} = 74.2\%$$

Table 10. Reciprocal differences in progenies

Crosses	% Resistance	Difference (%)
377106.1 x 760147.2	12.28	
760147.2 x 377106.1	31.03	
		19.75**
377106.1 x 760147.7	10.30	
760147.7 x 377106.1	24.17	
		13.87**
377106.1 x 378929.21	12.07	
378929.21 x 377106.1	22.50	
		9.43**
377106.5 x 760147.2	15.38	
760147.2 x 377106.5	28.16	
		12.78**
377149.1 x 760147.2	15.83	
760147.2 x 377149.1	33.33	
		17.50**
377149.1 x 378929.21	11.76	
378929.21 x 377149.1	31.63	
		19.87**

LA NATURALEZA DE LA RESISTENCIA A *MELOIDOGYNE INCOGNITA* (KOFOID & WHITE 1919) CHITWOOD 1949

Manuel Canto-Saenz*

EVALUACION DE RESISTENCIA Y TERMINOLOGIA PARA LA REACCION DE LA PLANTA

Para una evaluación completa de la reacción de una planta a nemátodos se deben medir dos parámetros: reproducción del nemátodo y daño causado por el nemátodo.

Cuando solamente se mide la reproducción del nemátodo, los términos propuestos para describir la planta son: no hospedero, hospedero no eficiente ($P_f/P_i < 1$) y hospedero eficiente ($P_f/P_i > 1$). Cuando se mide los dos parámetros, los términos usados para describir la reacción de la planta son: inmune (no hospedero, ningún daño sufrido); resistente (hospedero no eficiente que no sufre daño) y susceptible (hospedero eficiente o no eficiente que sufre daño). Para distinguir un hospedero eficiente que sufre daño de un hospedero no eficiente que sufre daño, el término intolerante fue propuesto para el último. La distinción entre susceptible e intolerante es importante, pero intolerante es un término negativo y no puede ser usado para diferenciar una posibilidad en una combinación de cuatro cuando cada posibilidad tiene dos componentes (Las leyes lógicas de De Morgan). En otras palabras, plantas resistentes o susceptibles también son intolerantes y plantas tolerantes o susceptibles también son no-resistentes.

Sin embargo, los términos resistente y susceptible, por lo general, son usados indiscriminadamente para describir la reacción de la planta en relación a la reproducción del nemátodo o al daño causado por el nemátodo. El uso del mismo término para definir independientemente dos fenómenos distintos confunde y debe ser evitado. Por ejemplo, la aseveración que el "mecanismo resistente en avena aparentemente daña la planta, tanto como la reacción susceptible" es una contradicción que resulta del uso del término resistente, solamente en relación a la reproducción del nemátodo. Algunas definiciones de la reacción de la planta en las cuales los términos son usados indiscriminadamente son:

---

*Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú

no-hospedero (planta con resistencia pre-infeccional); inmune (planta capaz de prevenir la infección sin expresión de la enfermedad); resistente (planta que no previene la entrada del parásito, pero previene o restrinje o retarda su desarrollo en una planta en la cual las larvas no penetran); y tolerante (una planta que sobrevive y rinde satisfactoriamente a un nivel de infección que causa pérdidas económicas en otras variedades de la misma especie).

La reacción de la papa confirma que la eficiencia del hospedero no está relacionada con el daño causado por el nemátodo, y cuando solamente se mide la reproducción del nemátodo los términos correctos son hospedero eficiente y hospedero no eficiente ya que estos términos no requiren una explicación o calificación. Sin embargo, cuando se mide tanto la eficiencia del hospedero como el daño causado por el nemátodo, solamente se usar un término para indicar la reacción de la planta. Recomendaría que los términos se redefinan de la siguiente manera: resistente (hospedero no eficiente que no sufre daño estadísticamente significativo); tolerante (hospedero eficiente que no sufre daño estadísticamente significativo); y susceptible (hospedero eficiente que sufre daño estadísticamente significativo). Estos términos serían importantes en el mejoramiento de plantas y en la agronomía porque "una variedad resistente debe compararse favorablemente con otras alternativas de control disponibles en términos del rendimiento en el campo infestado y de su efecto sobre la población del nemátodo." Propondría el término hipersusceptible (en lugar de intolerante) para definir un hospedero no eficiente que sufre daño estadísticamente significativo. En esta interacción la planta es tan susceptible que aun sin reproducción del nemátodo sufre daño significativo. Con el uso del término hipersusceptible la table de Dropkin y Nelson (1960) se modificaría de la siguiente manera:

Eficiencia del hospedero para reproducción del nemátodo	Daño del nemátodo a la planta	
	Estadisticamente significativo	Estadisticamente no significativo
Eficiente	Susceptible	Tolerante
No eficiente	Hipersusceptible	Resistente

Es importante distinguir si el daño causado por el nemátodo es estadísticamente significativo o no en términos de reducción de rendimiento y/o crecimiento de la planta ya que necrosis de algunas células es obviamente dañino para esas células pero puede no ser cuantificable en términos de la planta en sí.

Cuando la reacción de la planta se examina a nivel celular o de tejidos donde no se mide la reproducción del nemátodo ni el daño, los términos compatible e incompatible son útiles.

LA NATURALEZA DE REACCIONES INCOMPATIBLES A M. INCOGNITA

Respuestas incompatibles de plantas a los nemátodos del nudo de la raíz varían cualitativa y quantitativamente aun entre cultivares del mismo cultivo. Se ha informado que la reacciones incompatibles actúan en la rizósfera a través de exudados tóxicos o afectando la emergencia del nemátodo, atracción o penetración de las raíces por el nemátodo. En algunas plantas incompatibles el nemátodo no penetra; penetra por un tiempo corto en cantidad menor o igual a la de una planta compatible. Las reacciones incompatibles afectan en forma diferente a individuos del nemátodo. Algunas larvas se alimentan externamente, otras penetran o salen de las raíces, algunas pueden migrar y alimentarse adentro y algunas larvas permanecen vivas hasta siete días después de la inoculación.

Después de la penetración del nemátodo se han reportado varios grados de incompatibilidad. La reacción más común es la hipersensibilidad de células alrededor del nemátodo sedentario. Este tipo de reacción aparece tan pronto como 24 horas después de la inoculación, y las células de la planta así como el nemátodo no desarrollado mueren. Sin embargo, el grado de necrosis y el tiempo de aparición pueden diferir aun en plantas del mismo cultivo.

Algunas plantas no muestran agallas o la agallas pueden ser pequeñas, inconspicuas o en menos cantidad. La formación de agallas, sin embargo, no indica desarrollo exitoso del nemátodo. Algunas agallas contienen solamente fragmentos de nemátodos mientras que otras no tienen rastros detectables de larvas y sólo se puede observar áreas necróticas. El nemátodo se desintegra y desaparece.

Las plantas incompatibles no son siempre hipersensitivas. En algunos casos las larvas se quedan oprimidas y encerradas, paralelas

al cilindro central. Las células gigantes, si se forman, pueden ser anormales y no desarrolladas completamente. En tales células, el nemátodo desarrollará pobremente o lentamente sin producir o produciendo pocos huevos. La extensión de desarrollo de las células gigantes está relacionada con el grado de desarrollo del nemátodo. Viejas células gigantes en plantas incompatibles pueden desplomarse dejando grandes cavidades en la raíz, y cuando hay pocas hembras completamente desarrolladas la células gigantes en que se alimentan son indistinguibles de las producidas en plantas compatibles.

Mecanismos Bioquímicos de Incompatibilidad

Existen numerosos informes de mecanismos bioquímicos de incompatibilidad. Parece que el efecto de secreción del nemátodo es contrarestado, neutralizado, o bloqueado por substancias químicas en la planta. En las reacciones hipersensitivas los fenoles están principalmente involucrados. La muerte del nemátodo que ocurre después de la aparición de necrosis sugiere que la planta reacciona a la alimentación dentro de las raíces, produciendo substancias tóxicas que causan la muerte y desintegración del nemátodo. Una hipótesis interesante es que en plantas incompatibles invadidas por el nemátodo la concentración de hidroxyprolina incrementa y las células desarrollan respiración insensitiva a la cianida.

Correlación Entre Partes de la Planta

Es importante determinar si existe correlación entre la reacción de las diferentes partes de la planta. Algunos tubérculos de papa, por ejemplo, no son infectados cuando se inoculan artificialmente. Existen varios informes sobre otros cultivos en los cuales se informa que la incompatibilidad a nos nemátodos del nudo de la raíz es inherente a una parte de la planta (ya sea foliage o raíces) y que no es transportada. Existe sin embargo un informe contrario. La temperatura necesaria para la manifestación de síntomas puede también ser diferente para las diferentes partes de la planta.

FACTORES QUE AFECTAN LA REACCION DE LA PLANTA

La temperatura es uno de los factores ambientales más importantes que afectan la reacción de una planta a *M. incognita*. Afecta la supervivencia, distribución vertical, embriogénesis, emergencia,

migración, penetración y desarrollo del nemátodo y la expresión de síntomas en la planta.

Los requerimientos de temperatura varían entre las poblaciones (termotipos) de M. incognita y con cada combinación hospedero-parásito. Hospederos no eficientes a M. incognita se hacen progresivamente eficientes a medida que la temperatura aumenta. Sin embargo, algunas plantas y cultivares de la misma especie no responden similarmente. La densidad de equilibrio de la población para la reproducción del nemátodo puede también ser diferente entre las plantas del mismo cultivo. Esta reacción sugiere la posibilidad de seleccionar resistencia estable a altas temperaturas.

Las plantas se hacen hospederos eficientes a altas temperaturas probablemente debido a 3 factores: 1) altas temperaturas son condiciones óptimas para la actividad del nemátodo; 2) el estrés causado por altas temperaturas hace la planta más vulnerable al ataque del nemátodo; y 3) substancias químicas responsables para la necrosis celular pueden dejar de producirse o ser neutralizadas a altas temperaturas.

En plantas bajo estrés ambiental (excepto estrés nutricional) la reproducción del nemátodo es mayor. La temperatura óptima reportada para la emergencia es 27°C; la embriogénesis es más rápida y la migración y penetración por el nemátodo son favorecidas por altas temperaturas. El ciclo de vida del nemátodo también se completa mas rápidamente a altas temperaturas; por lo tanto, más generaciones se producen. Además, a altas temperaturas menos machos desarrollan.

La reacción diferencial de la planta a los nemátodos a altas temperaturas es probablmente debido a diferencias cuantitativas en las reacciones enzimáticas que ocurren en las relaciones planta-nemátodo. El aumento progresivo en la eficiencia del hospedero con un incremento de temperatura respalda esta hipótesis.

Edad de la Planta al Tiempo de Inoculación

El efecto del nemátodo en el crecimiento de las plantas susceptibles es influenciado por la edad de la planta al tiempo de inoculación. Las plantas más viejas tienen más tejido diferenciado que el nemátodo generalmente no penetra y que resulta en mayor crecimiento radicular. Este tejido permanece sin ser dañado. La alta población final del nemátodo en plantas más viejas es

probablemente una función de esta mayor disponibilidad de raíces y menor competencia individual. El escaso sistema radicular de plantas jóvenes al tiempo de transplante causa una concentración de larvas alrededor de las puntas de las raíces. En esta situación el crecimiento de la punta radicular puede parar resultando en una reducción dramática en tamaño del sistema radicular. El número de huevos/g de raíces es generalmente mayor en plantas más jóvenes. La reacción de plantas jóvenes a los nemátodos del nudo de la raíz, si no es cualitativamente, es a veces cuantitativamente diferente de la reacción de las plantas más viejas y esta diferencia debe considerarse en experimentos con plántulas pequeñas donde se asume que la reacción de la plántula es la misma que la de plantas viejas. Esta asunción puede ser en relación a la reproducción del nemátodo o en relación al daño que el nemátodo causa a las plantas.

Origen de Plantas o Clase de Semilla

La reproducción del nemátodo en plantas susceptibles es fuertemente afectada por el origen de la planta o clase de semilla. En papa, por ejemplo, la población final del nemátodo es mayor en plantas originadas de esquejes; el número de huevos/g de raíces es mayor en plántulas.

Parece que un efecto combinado del nemátodo y de alta temperatura sería de una magnitud suficiente como para matar los plantas jóvenes o plántulas, tanto de hospederos eficientes a no eficientes. Se cultivo en campos fuertemente infestados debe evitarse.

Literatura Citada

Dropkin, V. H. and P. E. Nelson. 1960. The histopathology of root-knot nematode infections in soybeans. Phytopathology 50:442-447.

THE NATURE OF RESISTANCE TO MELOIDOGYNE INCOGNITA (KOFOID & WHITE 1919) CHITWOOD 1949

Manuel Canto-Saenz*

EVALUATION OF RESISTANCE AND TERMINOLOGY FOR PLANT RESPONSE

For a complete evaluation of plant response to nematodes two parameters should be measured: nematode reproduction and damage caused by the nematode.

The terms non-host, non-efficient host ($P_f/p_i > 1$) and efficient host ($P_f/p_i < 1$) were proposed to describe the plant when only nematode reproduction is measured. When both parameters are measured, the terms used to describe the plant response are: immune (non-host, no damage); resistant (non-efficient host that suffers no damage); tolerant (efficient host that suffers no damage); and susceptible (efficient or non-efficient host that suffers damage). To distinguish an efficient host that suffers damage from a non-efficient host that suffers damage, the term intolerant was proposed for the latter. The distinction between susceptible and intolerant is important, but intolerant--a negative term--cannot be used to differentiate one possibility in a combination of four, where each possibility has two components (De Morgan's law of logic). In other words, resistant or susceptible plants are also intolerant, and tolerant or susceptible plants are also non-resistant.

However, the terms resistant and susceptible are often used indiscriminately to describe plant response in relation to nematode reproduction or to damage caused by the nematode. The use of the same term to define independently two distinct phenomena is confusing and should be avoided. For example, the statement that the "resistance mechanism in oats apparently damages the plant as much as the susceptible response" is a contradiction that results when the term resistant is used only in relation to nematode reproduction. Some definitions of plant response in which the terms are used indiscriminately are: non-host (plants with pre-infectional resistance);

---

*Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Peru

immune (a plant able to prevent infection with no disease expression); resistant (plant that cannot prevent entrance by the parasite but is able to prevent, restrict or retard its development or a plant in which penetration by larvae does not occur); and tolerant (a plant that survives and gives satisfactory yield at a level of infection that causes economic loss on other varieties of the same species).

Potato response confirms that host efficiency is not related to nematode damage, and when only nematode reproduction is measured, the terms efficient and non-efficient hosts are proper since they do not require explanation or qualification. However when both host efficiency and nematode damage are measured, only one term should be used to indicate the plant response. I recommend the terms be redefined as follows: resistant (non-efficient host that suffers no statistically significant damage); tolerant (efficient host that suffers no statistically significant damage); susceptible (efficient host that suffers statistically significant damage). These terms would be important in plant breeding and agronomy because "a resistant variety must compare favorably with other available means of control in terms of yield in infested land and its effect on nematode population." The term hypersusceptible (instead of intolerant) is proposed to define a non-efficient host that suffers statistically significant damage. In this interaction the plant is so susceptible that even though the nematode does not reproduce, it causes significant damage. With the use of the term hypersusceptible, Dropkin and Nelson's (1960) table would be modified as follows:

Host efficiency for nematode reproduction	Nematode damage to the plant: Statistically significant	Nematode damage to the plant: Not statistically significant
Efficient	Susceptible	Tolerant
Non-efficient	Hypersusceptible	Resistant

It is important to distinguish whether nematode damage is statistically significant or not in terms of plant yield and/or growth reduction as necrosis of some cells is obviously harmful to those cells, but may not be measurable in terms of the whole plant.

When the plant response is examined at cellular or tissue level, where neither nematode reproduction nor damage is measured, the terms compatible and incompatible response are useful.

THE NATURE OF INCOMPATIBLE RESPONSES TO M. INCOGNITA

Incompatible responses of plants to root-knot nematodes vary qualitatively and quantitatively even between cultivars of the same crop. Incompatible responses have been reported to act in the rhizosphere through toxic exudates or by affecting hatching, attraction or penetration of the roots by the nematode. In some incompatible plants, the nematode does not penetrate; in others, it penetrates for a short time, in numbers less than or equal to those of compatible plants. Incompatible response affects individuals of the nematode differently. Some feed externally; some penetrate; some come out of the roots; some may migrate and feed inside; and some larvae remain alive until seven days after inoculation.

After nematode penetration, several degrees of incompatibility are reported. The most common response is hypersensitivity of cells damaged by migrating larvae or cells around the sedentary nematode. This type of response appears as early as 24 hours after inoculation, and the plant cells as well as the undeveloped nematode die. However, the degree of necrosis and time of appearance may differ even in plants of the same crop.

Some plants show no galling response, or galls may be small, inconspicuous or few in number. Gall formation, however, does not indicate successful nematode development. Some galls contain only fragments of nematodes, whereas others have no detectable traces of larvae and only necrotic areas are observed. The nematode disintegrates and disappears.

Incompatible plants are not always hypersensitive, as in some cases, larvae lie closely oppressed and parallel to the stele. Giant cells, if formed, may be abnormal and not fully developed. In such cells the nematode will develop poorly or slowly with no eggs or with few eggs produced. The extent of giant cell development is related to the degree of nematode development. Senescent giant cells in incompatible plants may collapse leaving large cavities in the roots,

and when few well-developed females occur, the giant cells are indistinguishable from those produced in compatible plants.

Biochemical Mechanism of Incompatibility

Reports of biochemical mechanisms of incompatibility are numerous. In general, it appears that effects of nematode secretion are counteracted, neutralized or blocked by chemicals in the plant. In the hypersensitive reactions phenols are mainly involved. The death of the nematode after appearance of necrosis suggests that the plant responds to feeding inside the roots by production of toxic substances that cause the death and disintegration of the nematode. Another interesting hypothesis is that hydroxyproline concentration increases and cells develop cyanide-insensitive respiration in incompatible plants when they are invaded by the nematode.

Correlation Between Parts of the Plant

It is important to determine if there is a correlation between the response of the different parts of the plant. Some potato tubers, for example, are not infected when artificially inoculated. There are several reports with other crops that incompatibility with root-knot nematodes is inherent to a particular part of the plant (either top or roots) and is not translocated. There is, however, a report to the contrary. Temperature requirements for symptom manifestation may also be different for the different parts of the plant.

FACTORS AFFECTING PLANT RESPONSE

Temperature is one of the most important environmental factors that affect plant response to *M. incognita*. It affects nematode survival, vertical distribution, embryogenesis and hatching, migration and penetration, development and symptom expression in the plant.

Temperature requirements vary among *M. incognita* populations (Thermotypes) and with each host-parasite combination. Non-efficient hosts of *M. incognita* become progressively efficient as temperature rises. However, some plants and cultivars of the same plant species do not respond similarly. The equilibrium density for nematode reproduction may also be different among plants of the same crop. This response suggests the possibility of selecting for stable resistance at high temperatures.

The fact that plants become efficient hosts at high temperatures is probably due to three factors: 1) high temperatures are optimum conditions for nematode activity; 2) stress caused by high temperature makes the plants more vulnerable to nematode attack; and 3) chemicals responsible for cell necrosis may not be produced or may be neutralized or counteracted at high temperatures.

In plants under environmental stress (except nutritional stress), nematode reproduction is higher. Optimum temperature for hatching was reported to be 27°C; embryogenesis is faster and migration and penetration by the nematode is favored by high temperatures. The nematode life cycle is also completed faster at high temperatures; therefore, more generations are produced. Moreover, at high temperatures, fewer males develop.

Differential plant responses to nematodes at high temperatures are probably due to quantitative differences in the enzymatic reactions occurring in the plant-nematode relationship. The progressive increase in host efficiency with temperature increase supports this hypothesis.

PLANT AGE AT INOCULATION TIME

Nematode effect on growth of the susceptible plants is influenced by plant age at inoculation. Older plants have more tissue already differentiated which the nematode usually does not penetrate, resulting in more root growth that remained undamaged. High nematode P_f in older plants is probably a function of this greater availability of roots and reduced individual competition. The scarce root systems of younger plants at transplanting time causes a concentration of larvae around the root tips. When this situation occurs, root tip growth can stop, resulting in a dramatic reduction in size of root system. The number of eggs/g of root is usually higher in younger plants. The response of young plants to root-knot nematodes, if not qualitatively, is sometimes quantitatively different from older plants, and this difference should be taken into consideration in experiments with small seedlings where it is assumed that the seedling response is the same as that of older plants. This assumption may be in relation to nematode reproduction or in relation to nematode damage to the plants.

ORIGIN OF PLANTS

Nematode reproduction in susceptible plants is greatly affected by origin of plant. In potatoes, for example, nematode P_f is higher in plants originating from cuttings; number of eggs/g of root is higher in seedlings.

It seems likely that a combined effect of the nematode and high temperature would be of sufficient magnitude to kill the young plants or seedlings of non-efficient or efficient hosts and, therefore, their cultivation in heavily infested land should be avoided.

Literature Cited

Dropkin, V. H. and P. E. Nelson. 1960. The histopathology of root-knot nematode infections in soybeans. Phytopathology 50:442-447.

SCREENING OF BEAN CULTIVARS AND LINES FOR RESISTANCE TO *MELOIDOGYNE INCOGNITA* IN LAMBAYEQUE, PERU

Enrique Cabanillas*

The occurrence of heavy populations of *Meloidogyne incognita* has been found to reduce bean yields in Lambayeque. Blanco Local is the common local bean cultivar. It is very susceptible to *M. incognita*, and most farmers are using this variety either in monoculture or in rotation after the rice crop. Because of the need of this crop, the National Bean Program has been established with the aim of finding high-yielding bean varieties which are resistant to nematodes and other diseases.

Since the use of nematicides for control is expensive and uneconomical in this area, field studies were conducted to find the geographical distribution of *Meloidogyne* spp. on bean crops in Lambayeque and to screen local and imported bean cultivars for resistance to *M. incognita*.

Materials and Methods

Six different areas with root-knot nematode-infected beans were first examined for the purpose of determing the most prevalent species of *Meloidogyne* on bean in Lambayeque. A centrifuging technique for removing nematodes from soil was used (2). Perineal patterns were prepared (4), and they were sent to Dr. Parviz Jatala, nematologist at the International Potato Center in Lima, for the identification of *Meloidogyne* species. Also, other morphological characteristics were considered for the identification of *Meloidogyne* spp., such as the measurements of ten larvae, eggs and females (6).

Plots for screening bean cultivars and lines for resistance to *M. incognita* were first planted with heavily infected 'Marglobe' tomatoes in a field where alfalfa and corn were planted in 1971 and 1972, but where no crops were planted from 1973 to 1980. Tomato seedlings were inoculated with roots infected with *M. incognita*, and the culture was maintained in the greenhouse for 35 days until most of the seedlings had become heavily infected with the nematodes.

---

*Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Phytopathology Laboratory, P.O. Box 10, Lambayeque, Peru.

The tomato seedlings were then transplanted into the bean-screening field plots. After 145 days, the tomato plants were uprooted; the heavily galled root systems were cut into small pieces and mixed thoroughly with the soil into which the bean cultivars and lines to be screened were planted on July 31, 1980. Average temperatures during this experiment were from 19.1 to 26.2°C. The soil type is a sandy clay loam with pH 7.4, 1.55% organic matter and E.C. 3.2 mmhos/cm.

The screening of bean cultivars was done in October, 1980, in Lambayeque on the infested plots. The experiment consisted of six replicates with 15 local and imported bean cultivars and lines as treatments. The field experimental design was a completely randomized block. Five bean seeds were planted per hole at 20-cm spacing in rows 60 cm apart. One week after emergence, seedlings were thinned to three per planting site. Bean cultivars tested are listed in Table 1.

The initial population (P_i) of larvae present in the soil was estimated just before planting, and the final population (P_f) was assessed 90 days after planting. At harvest, 10 plants of each cultivar were uprooted. The degree of development of galls per plant was examined, and roots were scored for galling. Galls were rated on a scale of 0 to 5 as follows:

0 = no visible galls,
1 = very few, small galls,
2 = scattered small to moderate galls,
3 = many galls or few moderate galls,
4 = many moderate galls or several large galls, and
5 = nearly all roots with large galls.

The 0, 1 and 2 classes were rated as resistant to root-knot nematodes, and 3, 4 and 5 were rated as susceptible (1). The Average Infection Index (A.I.I.) was determined according to the formula suggested by Taylor (5).

Results and Discussion

Results of the geographical distribution of *Meloidogyne* spp. on bean species in six different areas at Lambayeque are presented in Table 2 and Figure 1. The most prevalent species, *M. incognita*, was recovered from all sampled areas. *M. arenaria* was found in a mixed

Table 1. Summary of assessment of resistance of bean cultivars to *Meloidogyne incognita* in Lambayeque, Peru.

No.	Name of cultivar	Origin	Index[a]	Larvae/100 g soil: Before planting	Larvae/100 g soil: 90 days after planting
1	Caraota LM-58	La Molina (Peru)	4.0	49	70
2	Muy Finca	CIAT - Colombia	2.5	56	21
3	S 182-NI-714	CIAT - Colombia	3.0	49	63
4	VF 00001-39-20-1 1-2-M-2-M-1	Lambayeque	3.0	42	63
5	Pirata 2	Lambayeque	2.5	35	28
6	EE.UU. I-310	U.S.A.	2.5	35	35
7	blanco Local	Lambayeque	3.8	49	84
8	51051-I-1138	Colombia	2.6	42	28
9	S630-B-C-63	Colombia	3.0	35	56
10	Guatemala 2226-I-968	Guatemala	3.0	56	70
11	VF 00001-36-41-1-5-M-M-1	Lambayeque	3.2	42	77
12	EE.UU. I-263	U.S.A.	2.3	42	14
13	PI-313653	Colombia	3.5	42	56
14	VF 00001-39-2 2-2-3-8-3-M-2-2	Lambayeque	4.0	56	98
15	C-63-S-630-B	Colombia	3.5	49	84

[a]Root-knot indexes classified as: 0-2 = resistant; 3-5 = susceptible.

Table 2. Distribution of *Meloidogyne* spp. on bean species at Lambayeque, Peru.

Number of Samples	Species of Meloidogyne	Host	Place
3	*M. incognita*	*Phaseolus vulgaris* var. Blanco Local	Lambayeque
3	*M. incognita*	"	Tucume
3	*M. incognita*	*Phaseolus vulgaris*	Ferreñafe
2	*M. incognita* + *M. arenaria*	*Phaseolus vulgaris* var. Blanco Local	Motupe
3	*M. incognita*	*Dolichos lablab*	Reque
2	*M. incognita*	*Phaseolus adenanthus*	Reque
1	*M. incognita* + *M. arenaria*	*Phaseolus adenanthus*	Reque
2	*M. incognita*	*Phaseolus aureus*	Tuman

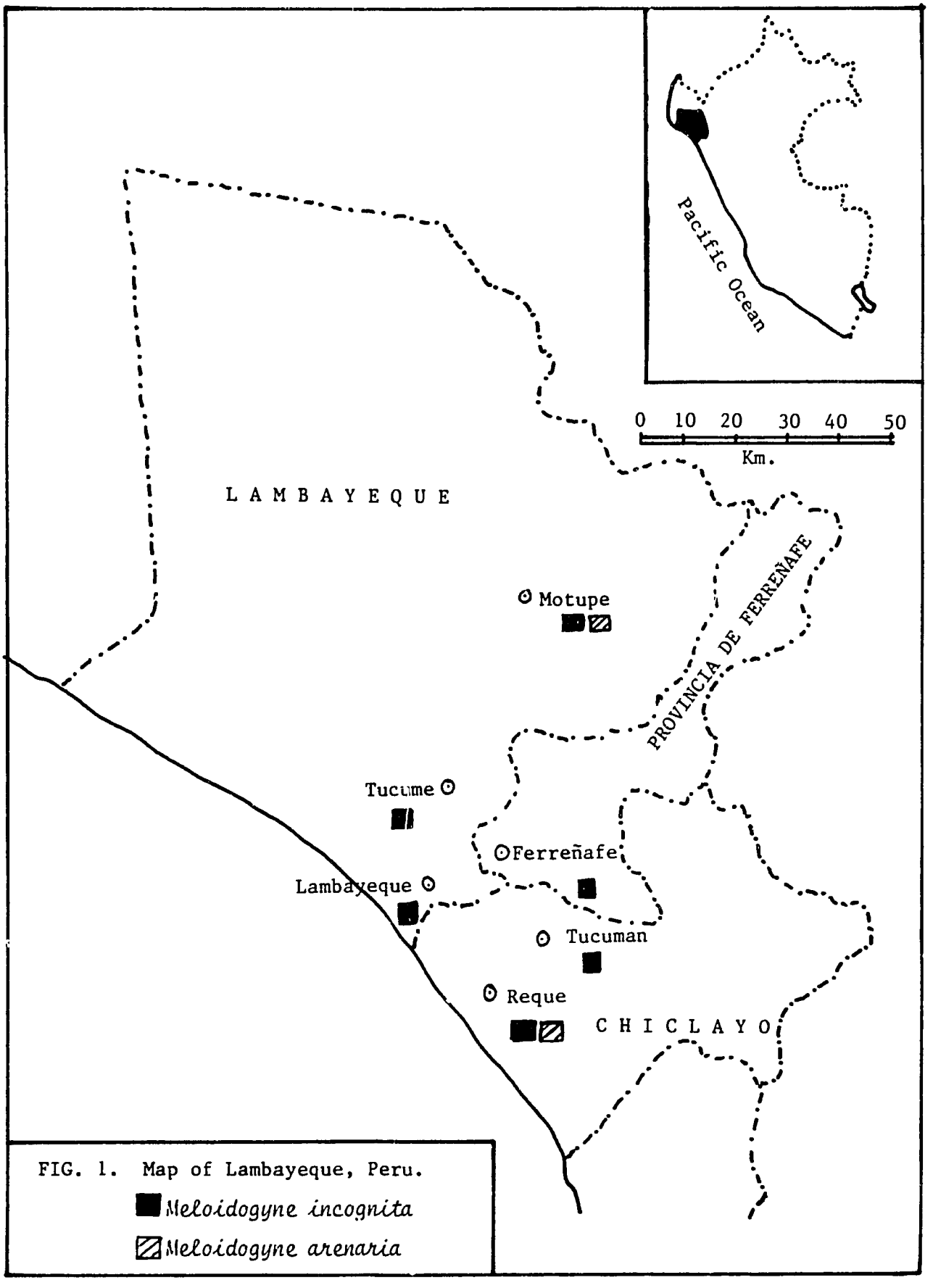


FIG. 1. Map of Lambayeque, Peru.

■ *Meloidogyne incognita*

▨ *Meloidogyne arenaria*

population with M. incognita in two areas: in Motupe on common bean var. Blanco Local (Phaseolus vulgaris L.), and in Reque on "frejolillo" (Phaseolus adenanthus). M. incognita infected different bean species such as the common bean var. Blanco Local, Dolichos lablab, Phaseolus adenanthus, and loc-tao (Phaseolus aureus). It is important to mention that loc-tao was heavily infected with M. incognita in Tuman, a sugar cane co-op where they are testing under field conditions the planting of loc-tao together with sugar cane.

Results of the screening are presented in Table 1. Responses to the population of M. incognita varied considerably among the lines and cultivars of bean tested. The results were analyzed by the Tukey test, 5% probability of error. Some lines and cultivars had few, small to moderate galls, whereas others had many roots with large galls. Of the 15 bean cultivars and lines tested, only 5 were found to be resistant, and none were completely free from nematode attack. Small galls and scattered mature female nematodes with egg masses were present in all of the resistant lines and cultivars, which included two from CIAT, Colombia (Muy Finca and 51051-I-1138), two from U.S.A. (EE.UU. I-310 and EE.UU. I-263), and one from Lambayeque (Pirata 2). Among these, three were considered to be moderately resistant (EE.UU. I-310, Pirata 2 and 51051-I-1138) because their Average Infection Index was between 2.5 and 2.6, but larval populations decreased by only 20 to 33%. Muy Finca and EE.UU I-263 were considered to be highly resistant, with an Average Infection Index of 2.5 and 2.3, and a 63 to 67% decrease in the larval population. The initial population was positively correlated with the final population and with the Average Infection Index.

According to Ngundo (1), similar observations were reported by Blazey, et al., who found that among the bean plants recognized as resistant to M. incognita, none were immune. They concluded that resistance was due to the interaction of two independent recessive genes (1, 3). The five resistant cultivars may now be recommended to the National Bean Program in Peru for inclusion in bean improvement programs.

RESUMEN

EVALUACION DE RESISTENCIA DE CULTIVARES Y LINEAS DE FRIJOL A *MELOIDOGYNE INCOGNITA* EN LAMBAYEQUE, PERU

Se evaluó la resistencia, a *Meloidogyne incognita*, de 15 cultivares locales e importados y lineas de *Phaseolus vulgaris* L. (frijol). De los 15 ningún cultivar y linea fue inmune, cinco fueron resistentes y mostraron pequeños modulos y pocas hembras maduras con masas de huevos. Los cultivares Muy finca y EE.UU I-263 fueron altamente resistentes.

M. incognita estuvo presente en todas las areas muestreadas y *M. arenaria* mezclada con *M. incognita* se encontró solo en dos areas en Lambayeque.

Literature Cited

1. Ngundo, B. W. 1977. Screening of bean cultivars for resistance to *Meloidogyne* spp. in Kenya. Plant Dis. Rep. 61:991-993.

2. Patrick, R. W. 1957. A Centrifuging Technique for Removing Nematodes from Soil. Florida Coop. Ext. Service, Univ. of Florida, U.S.A.

3. Schwartz, F. H. and G. E. Galvez. 1980. Problemas de Produccion del Frijol. CIAT - Colombia. 424 pp.

4. Taylor, A. L., V. H. Dropkin and G. C. Martin. 1955. Perineal patterns of root-knot nematodes. Phytopathology 45:26-34.

5. Taylor, A. L. 1971. Introduction to Research on Plant Nematology. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. 133 pp.

6. Whitehead, A. C. 1980. Taxonomy of *Meloidogyne* (Nematoda: Heteroderidae) with descriptions of four new species. Trans. Zool. Soc. London 31:263-401.

EFECTOS DE SISTEMAS DE CULTIVO EN EL CONTROL DEL NEMATODO DEL NUDO DE LA RAIZ

S. A. Raymundo*

INTRODUCCION

Con organismos habitantes del suelo, incluyendo los nemátodos del nudo de la raíz, es imperativo que su efectivo control dependa en gran parte en la apreciación de las condiciones que favorecen o desfavorecen su multiplicación a niveles destructivos. Por lo general, antes de recomendar una variedad resistente para controlar una determinada plaga, debe requerirse información adicional acerca de los sistemas de cultivo prevalecientes. Esta información guiará mejor para decidir qué variedad tendrá mejor "adaptabilidad total" en el área deseada de introducción.

SISTEMAS DE CULTIVO

Esto define el patrón de cultivo en términos de combinaciones de cultivo y secuencias en adición a las prácticas y técnicas con las cuales se producen los cultivos. En efecto, la población de la plaga responderá a los cultivos mismos, así como al arreglo de los cultivos en tiempo y espacio. Esta relación se ilustra en la Fig. 1.

Cultivo en sí

Especies cultivadas: Las especies de las plantas difieren en atractivo y disponibilidad como hospederos de organismos dañinos, incluyendo los nemátodos. Cultivos tales como yuca tienen pocas plagas registradas. Otros, notablemente solanaceas, tienen grandes complejos de plagas que son mayores en los trópicos que en las regiones temperadas.

Variedad cultivada: Entre variedades o cultivares de una especie hay un rango de susceptibilidad a la plaga. En una variedad susceptible a la plaga y de alto rendimiento, el costo de proteger el cultivo del daño de la plaga podría ser mayor que la ganancia por su alto rendimiento. Tal variedad no puede ser rentablemente cultivada hasta que se desarrolle una tecnología más económica de manejo de plagas.

---

*Plant Protection Specialist, Centro Internacional de la Papa, Apartado 5969, Lima, Perú.

Potencial alto de plaga ⟶ Potencial bajo de plaga

Cultivo en Sí

Complejo grande de plagas, no competitivo con malezas ⟶ Especies cultivadas ⟶ Complejo pequeño de plagas, altamente competitivo

Variedad susceptible → Variedad tolerante → Línea pura resistente → Resistencia multigenética

Anual ⟶ Perenne
Tardía ⟶ Precoz

Sistema de Cultivo en Tiempo

Monocultivo ⟶ Rotación de Cultivo
Cultivo continuo ⟶ Cultivo discontinuo
Cultivo asincrónico ⟶ Cultivo sincrónico
Estación favorable a la plaga ⟶ Estación no favorable a la plaga

---

Sistema de Cultivo en Espacio

Cultivo solo ⟶ Intercultivo en surco o franja ⟶ Intercultivo mixto

Baja densidad de plantación ⟷ Alta densidad de plantación
Campo grande ⟷ Campo pequeño
Area grande de cultivo hospedero ⟷ Area pequeña de cultivo hospedero
Campos hospederos agregados ⟷ Campos hospederos dispersos

Fig. 1 - Clases de cultivos y sus sistema de tiempo y espacio evaluados como el potencial de desarrollo de plagas problemas. Algunos efectos son alto en potencial de plaga, algunos intermedios y algunos bajos.

Cultivos anuales o perennes: Generalmente, se piensa que enemigos naturales de plagas se mantienen mejor por mismos en cultivos perennes que en anuales, porque el cultivo perenne remueve menos el suelo, es más estable y tiene más diversidad estructural.

Cultivos precoces vs. cultivos tardíos: Un cultivo precoz está menos expuesto que un cultivo tardío y, por lo tanto, tiende a evitar el ataque más duro de la plaga. En el caso de malezas, sin embargo, un cultivo económico tardío puede ser ventajoso.

SISTEMA DE CULTIVO EN TIEMPO

Monocultivo

En muchas partes del mundo ciertas áreas se plantan año tras año exclusivamente con una especie de planta. El monocultivo reduce la diversidad de especies de plagas, incluyendo nemátodos. Las pocas especies tienden a explotar en cantidad, porque tienen mayor potencial de incremento bajo condiciones de menor interferencia o competencia. Smit y Bos (15) informaron que éste es el caso de la parte norte de Nigeria. Allí el tomate es tan rentable que los agricultores tienden a cultivarlo continuamente, a pesar de los bajos rendimientos. Nemátodos del nudo de la raíz se encuentran en caso todos los campos "fadama."

Rotación de Cultivos

Se conoce largamente que la alternación de especies cultivadas baja la incidencia de plagas (13). El éxito depende en escoger las secuencias de cultivos que tengan menos plagas en común. Los mejores resultados son usualmente obtenidos, combinando uno detrás de otro, cultivos no relacionados botánicamente.

Poblaciones de Meloidogyne spp., otros nemátodos en monocultivo y sistemas de rotación de cultivos en Botangas, Filipinas, fueron estudiadas por Castillo en 1977 (3) (Tabla 1). Es claro en esta tabla que mientras el monocultivo de ciertas especies de plantas (tomate) favorecen al incremento de población de Meloidogyne spp. y otros géneros, el efecto de otras especies (espárrago) no parece ser dramático. Efectos variables de diferentes esquemas de rotación sucesiva es completamente evidente. En rotaciones con rábano y ajo las poblaciones de Meloidogyne fueron remarcablemente reducidas. Rotaciones sucesivas de arroz, ajo, maíz y tomate redujeron drásticamente las poblaciones de Meloidogyne spp. pero favorecieron al incrementeo de otras especies parasitas.

Tabla 1 - Población de Meloidogyne spp. y otros nemátodos en varios sistemas de cultivo en Batangas - Filipinas,

Sistema de Cultivo (período de 3 años)	Población promedio de Meloidogyne spp. de 250 cc de suelo	Otros géneros*
Monocultivo sucesivo		
Tomate	194	487
Espárrago	0	35
Rotación sucesiva de cereales y otros cultivos		
Arroz-Tomate	142	19
Arroz-Berenjena	312	22
Arroz-Maíz-Tomate	276	127
Arroz-Tomate-Rabano	1	51
Arroz-Ajo-Maíz-Tomate	24	604

* Predominantemente: Especies de Rotylenchulus, Helicotylenchus y Tylenchorhynchus.
Fuente: Castillo y otros, 1977.

Hutton (8) menciona que es difícil, aun cuando posible, desarrollar un programa de rotación de cultivos para controlar Meloidogyne spp. El atribuye tal dificultad, principalmente, a que estas especies tienen un amplio rango de hospederos, reproduciéndose en muchas malezas y en numerosas plantas económicas. La fluctuación de las poblaciones del nemátodo en suelo y en raíces en sus estudios para desarrollar un esquema de rotación para controlar Meloidogyne spp. (particularmente M. incognita) se grafican y se muestran en la Fig. 2.

Acedera fue el primer cultivo que estuvo en el terreno desde 1978 hasta febrero, 1979. Semillas de acederas rojas y blancas fueron mezcladas (3:1) antes de la siembra. A la cosecha, el suelo de las plantas acedera roja estuvo fuertemente infestado con M. incognita, 60/100 cc, mientras que el nemátodo ocurrió a 50/100 cc de suelo en la acedera blanca.

Raíces de acedera roja fueron extremada y fuertemente infestadas (265/gr) y agalladas (promedio de índice de agallas = 4.3), mientras que la acedera blanca estuvo moderadamente infestada (36/gm) y ligeramente agallada (índice de agallas promedio = 1.6). Información significativa de este cultivo fue que la acedera blanca parece ser altamente resistente a M. incognita, la acedera roja, altamente susceptible.

En un cultivo de acedera seguido por un requerido intervalo de barbecho (el comienzo de febrero hasta mediados de marzo) y seguido de un cultivo de yuca, las poblaciones de M. incognita decrecieron inicialmente en el suelo de yuca, luego incrementaron.

A la cosecha hubo 3/100 cc de suelo; las raíces de yuca tuvieron contadas bajas de nemátodos, pero no mostraron agallamiento. La yuca parece ser resistente al nemátodo.

El campo fue dejado en barbecho desde marzo hasta julio de 1980 y luego plantado con col china. Allí se encontraron cantidades bajas de nemátodo en el suelo (2/100 cc) y cantidades moderadas en las raíces (10/gm). Menos de 10% de raíces examinadas estuvieron severamente agalladas (índices 4-5) y cerca del 45% no mostraron agallas (índices = 1-3). La col china parece ser buen hospedero de M. incognita, pero las poblaciones del nemátodo fueron bajas después de 5 meses de barbecho

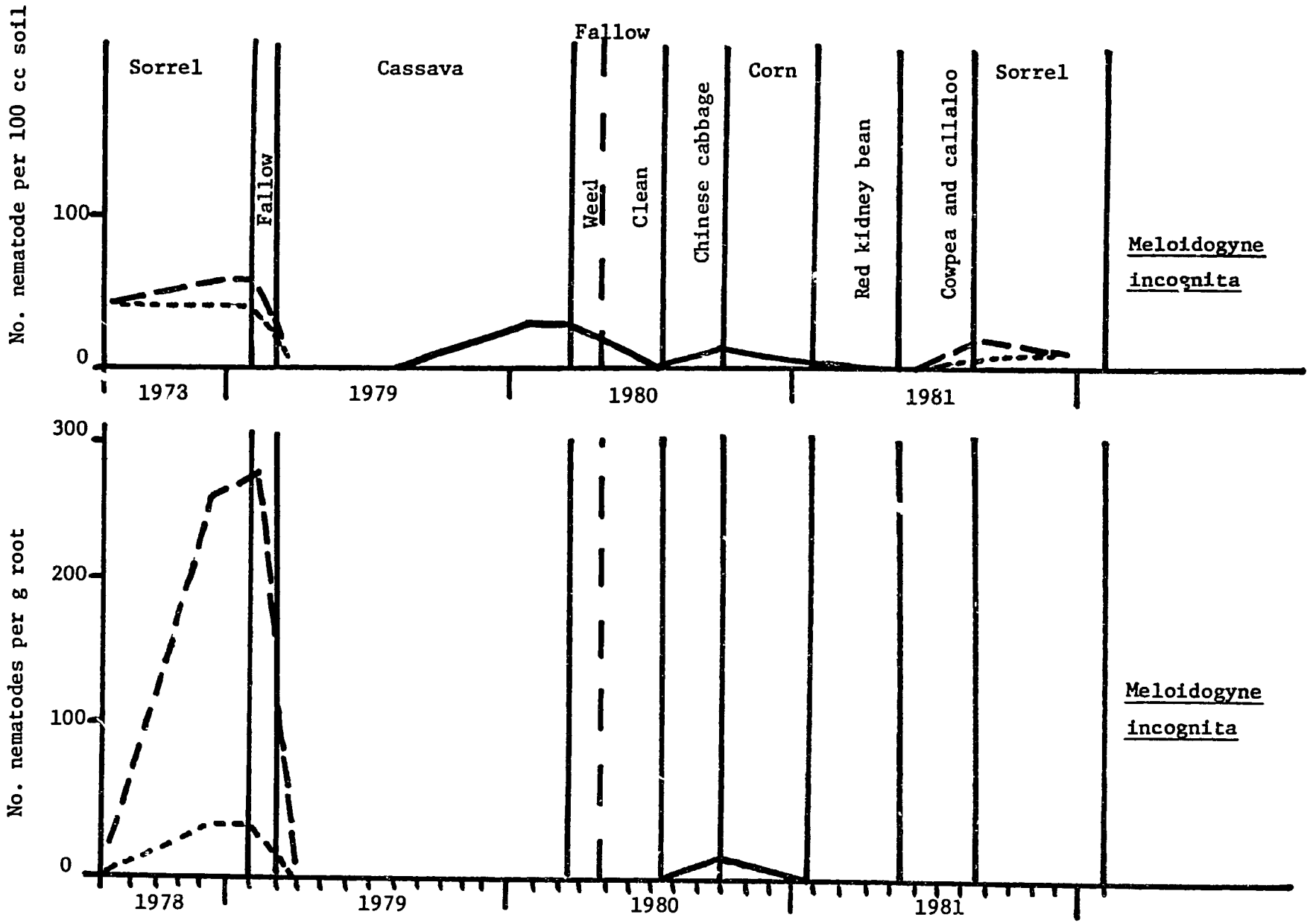


Fig. 2. Fluctuation in soil population (top) of Meloidogyne incognita and numbers in roots (bottom) associated with 7 crops* and fallow period in a 3-year rotation trial to control the root-knot nematode.

*Crops were sorrel (Hibiscus sabdariffa), cassava (Manihot esculenta), Chinese cabbage (Brassica chinensis), corn (Zea mays), red kidney bean (Phaseolus vulgaris), callaloo (Amaranthus viridis) and cowpea (Vigna sinensis).

y no tuvieron tiempo de incrementarse sustancialmente en el corto período de este cultivo. Maíz fue interplantado con col china al final del último cultivo. El maíz no favoreció M. incognita, pero favoreció un incremento sustancial del nemátodo de la lesión: Pratylenchus spp.

Frijol 'Red Kidney' siguió a maíz. Los bajos niveles de M. incognita después de maíz, declinaron aún más con la legumbre. Frijol Castilla y "Callaloo" fueron interplantados en las parcelas de Frijol 'Red Kidney.' Los bajos niveles del nemátodo del nudo de la raíz, siguiendo Frijol 'Red Kidney' incrementaron ligeramente en "callaloo" y algo más en Frijol Castilla.

Acedera siguió Callaloo y Frijol Castilla hasta completar un ciclo de 3 años. Los datos indicaron que el nemátodo incrementó en el suelo, aun cuando la población en las raíces fue cero o insignificante.

Una consideración principal en el desarrollo de sistemas apropiados de cultivo, diseñados para controlar nemátodos del nudo de la raíz es el incremento de otros nemátodos dañinos (5). Los nemátodos importantes observados y su importancia relativa en los cultivos usados en esta prueba de rotación se muestran en la Fig. 3. Es evidente en esta figura que especies de Pratylenchus, Helicotylenchus y Tylenchorhynchus incrementarón sustancialmente cuando el campo se plantó con maíz, mientras que la población de Meloidogyne spp. bajó. Especies de Helicotylenchus, Rotylenchulus y Tylenchorhynchus fueron cero o insignificantes cuando el campo fue cultivado con yuca, sin embargo, las poblaciones de Pratylenchus incrementaron hacia el final de la estación. El efecto del período de barbecho puede variar entre diferentes nemátodos. Por ejemplo, un barbecho de 5 meses (marzo a julio, 1980) resultó en una disminución de poblaciones de Pratylenchus spp. en el suelo, un incremento en las poblaciones de Tylenchorhynchus y un efecto nulo o insignificante en las poblaciones de especies de Helicotylenchus y Rotylenchulus.

En el desarrollo de sistemas de cultivo significativos para controlar al nemátodo del nudo de la raíz debe tomarse en cuenta que mientras ciertas especies cultivadas, secuencia de diferentes

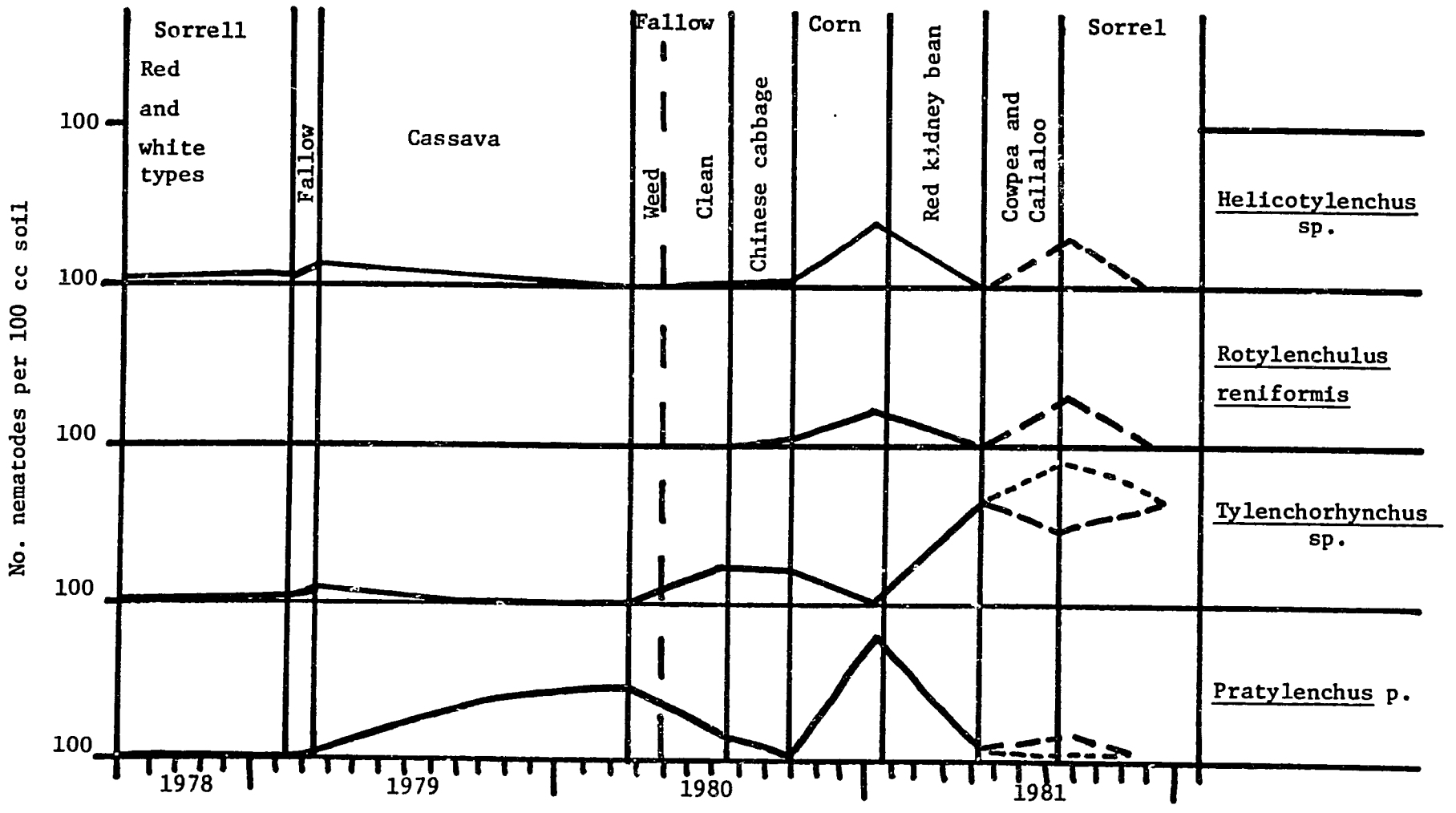


Fig. 3. Fluctuations in soil populations of parasitic nematodes other than Meloidogyne incognita, associated with seven crops* and fallow periods used in a three-year rotation trial aimed at control of the root-knot nematode.

*Crops were sorrel (Hibiscus sabdariffa), cassava (Manihot esculenta), Chinese cabbage (Brassica chinensis), corn (Zea mays), red kidney bean (Phaseolus vulgaris), callaloo (Amaranthus viridis) and cowpea (Vigna sinensis).

especies o combinaciones de diferentes especies, pueden suprimir nemátodos del nudo de la raíz. Tales secuencias o combinaciones podrían agravar el daño de otros organismos como la bacteria de la marchitez Pseudomonas solanacearum, así como de varios hongos (9, 10, 11).

En un trabajo (que está siendo conducido) de control integrado de nemátodos del nudo de la raíz en papa en el Centro Internacional de la Papa, se investiga el sistema de cultivo (rotación), los efectos de control químico (Temik), control biológico con el hongo Paecilomyces lilacinus y una combinación de Temik y el hongo.

Los resultado obtenidos hasta ahora se muestran en la Tabla 2.

Se puede ver en esta tabla que la severidad de infección (basada en el índice de agallas) es más o menos mantenido entre los diferentes cultivos usados en la rotación, sin embargo, el maíz tiene un índice relativamente mayor que la papa y el frijol. En el primer cultivo usando papa, Temik + hongo y hongo solo tuvieron el índice más bajo de agallamiento a la cosecha. Sin embargo, esto no fue evidente en el cultivo posterior de maíz y frijol. En el cuarto cultivo (papa) el tratamiento Temik + hongo tuvo el más bajo índice de agallamiento en el bioensayo de preplantación en comparación con Temik u hongo solo y el control.

Una observación interesante es el incremento en incidencia de marchitez por la asociación hongo-insecto en el presente cultivo de papa. Es posible que el cultivo anterior de frijol (que es altamente susceptible al hongo observado) favoreció su incremento, resultando en un alto nivel de inoculo para el presente cultivo de papa. Si tal es el caso, papa después de frijol no sería una buena secuencia de cultivo en áreas donde el hongo patógeno ocurre.

Es conveniente mencionar que entre los tratamientos la incidencia de marchitez fue menor en las parcelas con el hongo solo que en los otros tres tratamientos.

Sistema de Cultivo Continuo y Discontinuo en Relación al Tiempo

Cultivo continuo que significa cerrar las estaciones (sin períodos libres de cultivo) puede ser desastroso. Presumiblemente, una especie de plaga se incrementará con cada campaña de cultivo

Table 2. Galling Index at Pre-Planting and Post-Harvest on three Rotation Crops Planted on Fungus (*Paecilomyces lilacinus*), Temik and Fungus + Temik Plots.

Treatment	First Crop = Potato			Second Crop = Corn	Third Crop = Beans		Fourth Crop = Potato	% Fungus-Associated Wilt (as of March 20/82)
	Galling Index from Bioassay		Galling Index at Harvest	Post-Harvest Bioassay Galling Index	Post-Harvest Bioassay Galling Index	Galling Index at Harvest	Pre-Planting Bioassay Galling Index	
	Pre-Planting	Post-Harvest						
Control	2.3	2.0	2.7	3.0	2.7	2.4	2.2	7.0
Temik	2.5	2.1	2.3	3.4	2.6	2.6	2.2	7.5
Fungus	2.3	2.2	2.1	3.1	2.5	2.8	2.4	6.9
Temik + Fungus	2.6	1.6	1.9	3.4	2.2	2.6	1.9	7.5

hospedero hasta que se impida su desarrollo. Sin embargo, los efectos desastrosos de cultivo continuo pueden ser aliviados con una selección correcta de las especies de plantas cultivadas o variedades cultivadas que no estén sujetas a plagas comunes.

Por ejemplo, no se debe descartar automáticamente plantar tomate-papa-pimienta-berenjena en sucesión, porque los cultivos solanaceos son hospederos eficientes de especies de Meloidogyne. Variedades de tomate resistentes a Meloidogyne pueden ser seguidas por variedades de berenjena con menor resistencia al nemátodo, suponiendo que este nemátodo es el único problema principal.

Cultivo discontinuo es, generalmente, dejar el campo en barbecho con o sin malezas. Desde que las especies de Meloidogyne son cosmopolitas, atancando entre otros hospederos, numerosas malezas hospederas, en barbecho libre de malezas, aseguraría una reducción de sus poblaciones a niveles no destructivos. La propiedad del barbecho de reducir los nemátodos ha sido atribuida a sus efectos sobre varios factores como temperatura de suelo, régimen de regadío, compuestos nematicidas originados por descomposición de los residuos de plantas, etc. (2, 18, 21). El trabajo de Ogunfowora (14) ilustra varias reacciones de especies cultivadas bajo diferentes regímenes de inundación/barbecho (Tabla 3).

Es evidente en la Tabla 2 que mientras remolacha azucarera (var. Kono) reaccionó diferencialmente a varios regímenes de barbecho/inundación; cebada (var. Bigo) no reaccionó. También las malezas del campo de cebada tuvieron significativamente menos agallamiento severo comparado con el agallamiento en los diferentes regímenes de barbecho/inundación. Este no fue el caso de las malezas en el campo de remolacha.

Cultivo Asinciónico vs. Cultivo Sincrónico

Es obvio que si las plagas, incluyendo nemátodos, tienen tejidos hospederos disponibles todo el tiempo el incremento de su población en grandemente estimulado hasta niveles altamente destructibles. Por otro lado, si el cultivo se planta sincrónicamente, hay una exposición reducida a las plagas.

Tabla 3 - Efecto de barbecho e inundación del suelo en el índice de agallamiento del nemátodo del nudo de la raíz (*Meloidogyne naasi*) de las plantas probadas.

Tratamiento	Indice de agallamiento[1]	
	Cebada (var. Bigo)	Remolacha azucarera (var. Kono)
barbecho 4 semanas	3.0 a	0.8 cd
inundación 4 semanas	3.7 a	2.7 a
barbecho 8 semanas	3.5 a	0.7 cd
inundación 8 semanas	3.3 a	0.5 cd
barbecho 12 semanas	3.0 a	1.0 bc
inundación 12 semanas	3.7 a	1.5 cd
inundación ininterrumpida 12 semanas[2]	3.0 a	0.8 cd
Malezas 12 semanas[3]	1.8 b	0.3 d

[1] Basado en una escala de 0 (sin agallas) hasta 5 (agallamiento muy severo).

[2] Inundado 5 semanas, secado 2 semanas, luego inundado por otras 5 semanas.

[3] Principalmente, *Cerastium arvense*, *Chenopodium* sp., *Glechoma beteracea*, *Polygonum convolvulus*, *Poa annua* y *Sonchus* sp.

Fuente: Ogunfowora, 1979.

Efectos Estacionales

El efecto de las estaciones en la abundancia de la plaga es bien conocido y el ajuste de las fechas de siembra puede ser un medio efectivo y barato de prevenir los problemas de plagas.

SISTEMA DE CULTIVO EN ESPACIO

Intercultivo Mixto y en Línea

Se puede hipotizar que los efectos reducidores de plagas serían máximos en intercultivo mixto. Esto porque las plantas de la misma especie están más distribuidas al azar y, por lo tanto, más aisladas de su propia clase bajo intercultivo mixto que en intercultivo en línea. Visser y Vythelingham (19) y Wallace (20) informaron que el intercultivo de Marigold (Tagetes sp.) afectó los nemátodos incluyendo Meloidogyne spp. que hubieran dañado al hospedero susceptible inaceptable en la mezcla. Se sugiere que el Marigold actuó como un cultivo antagónico, porque sus raíces liberaron sustancias químicas que repelieron o mataron a los nemátodos.

Hackney y Dickerson (7) encontraron diferencias en el número de agallas por Meloidogyne incognita, así como masas de huevos en las raíces de diferentes especies cultivadas plantadas solas o en asociaciones. La asociación de tomate con Frijol Castor resultó en una reducción considerable en el número de agallas en tomate comparadas con el número de agallas en el mismo cultivo cuando se plantó solo o en asociación con Marigold o crisantemo. De los datos tomados 90 días después del transplante, es muy aparente que el tomate fue el hospedero más eficiente para M. incognita en parcelas mixtas de Tomate-Marigold, Tomate-Frijol Castor y Tomate-Crisantemo.

Cultivo en Franja

Es el cultivo de diversas plantas lado a lado en muchos campos pequeños. Debido a la diversidad genética, existe una barrera para el incremento explosivo de los nemátodos, plagas de insecto y enfermedades. La protección genética inherente de los típicos campos pequeños de los países en desarrollo, no debería ser rechazada por la adopción común de un cultivo con una base pequeña de germoplasma (17).

Densidad Baja vs. Densidad Alta de Plantación

La implicación de este factor está más relacionada con las malezas que con otro grupo de plagas. Donde ocurre baja densidad de plantación, las malezas tienen más espacio disponible con el cual aseguran mayores posibilidades de establecerse. Alta densidad de plantación puede favorecer o desfavorecer una rápida diseminación de los nemátodos, dependiendo de la especie de nemátodo, resistencia o susceptibilidad del hospedero, su interrelación con otros organismos patógenos que habitan el suelo, con el ambiente suelo, etc.

ALGUNAS EXPLICACIONES SOBRE LOS EFECTOS DEL COMPONENTES DEL SISTEMA DE CULTIVO O PRACTICAS ASOCIADAS EN REDUCIR LA INFECCION

Efectos en las Relaciones Hospedero-Parásito (7)

1. Entre hospederos no compatibles de Meloidogyne incognita (Ej. Frijol Castor) usados en asociación de cultivos, muchas células gigantes son pequeñas y algunas degeneran. Pocas hembras alcanzan madurez y producen huevos, pero la mayoría de masas de huevos se encuentran completamente dentro de las agallas. No se observó ovivíparidad.

2. Las células gigantes en Frijol Castor y Marigold, las masas de huevos y la deposición de la matriz son atípicas.

3. Se observan aberraciones en los lugares de infección. En Marigold los nemátodos desarrollan lentamente y en muchos lugares de infección las células gigantes y los nemátodos se degeneran. Algunas hembras sobresalen a la parte exterior de la agalla y producen huevos pequeños.

Actividades Específicas

1. Compuestos nematicidas tertienil (2, 2', 5', 2'-tienil) han sido extraídos de raíces de especies de Marigold africana (Tagetes) (6).

2. Se conocen que reguladores de desarrollo de la planta alteran las interacciones nemátodo-planta. Se encontró que la hidracida maleica, fosfon y cloruro cloruro de clorocolina (CCC) retardó el desarrollo de Meloidogyne incognita, M. hapla y M. javanica en tabaco y tomate, mientras que etrel, citokinina y NAA incrementaron el agallamiento y la cantidad de nemátodo (1).

3. Extractos en éter de petróleo de plantas silvestres Tragia involucrata L. (Euphobiaceae) y Acanthocepalus kadamba Mig. (Rubiaceae) contuvieron sustancias nematicidas. Extractos en cloroformo de Peristophe bicalyculata Nees. (Acanthaceae) tuvieron propiedades nematicidas. A. kadamba fue el más potente entre los tres (4).

Efectos de Modificaciones o Cambios en el Ambiente de Cultivo

1. La humedad del suelo afectó la emergencia de las larvas y la infectividad de Meloidogyne naasi. La mayoría de larvas emergieron en suelo mantenido a 74% de su capacidad de campo en un ciclo mensual de secado y muy poco en suelo que fue constantemente inundado. Lo inverso ocurrió para la invasión larval (14).

2. En experimentos de inundación y barbecho se observó mayor invasión larval en el suelo que fue inundado que en suelo que se dejó en barbecho o dejado con malezas naturales hasta 12 semanas (14).

3. Los lípidos desaparecieron más rápidamente en el segundo estado larval de M. naasi guardado bajo condición aeróbica. Algunas larvas entraron en quiesciencia bajo condiciones anaeróbicas.

4. Barbecho limpio y suelo en el que se dejó desarrollar malezas nativas, algunas de las cuales son hospederos de M. naasi, controló al nemátodo mejor que inundación (14).

5. Se asoció un decrecimiento en la infectividad con un decrecimiento en movilidad y contenido del cuerpo del segundo estadío larval de M. javanica. Cuando se le dejó envejecer y ayunar a 27°C en suelo y agua. Supervivencia de larvas infectivas fue mayor en suelo que en agua y estuvo asociada con retención del contenido del cuerpo. No hubo pérdida significativa en contenido del cuerpo de M. javanica durante la actividad de penetración, aun cuando la actividad de encontrar la raíz en el suelo agotó las reservas del cuerpo más rápidamente que en larvas en suelo sin raíces (18).

6. El contenido del cuerpo fue usado rápidamente a alta temperatura en suelo seco y en soluciones oxigenadas. Inversamente, el contenido del cuerpo fue conservado a bajas temperaturas en suelos húmedos y en solución con bajas concentraciones de oxígeno. Esto estuvo asociado con un incremento en la movilidad y actividad (18).

7. En estudios con Dactylella oviparasitica, un hongo parásito de huevos de Meloidogyne, se observó que la temperatura óptima para desarrollo radial en agar fue 24°-27°C. Sin embargo, parasitó activamente huevos de Meloidogyne a temperaturas de 12° a 27°C. Invasión de las masas de huevos, penetración y desarrollo en huevos demoró más a medida que la temperatura decreció, pero la más lenta proporción de reproducción, desarrollo de huevos y eclosión de huevos aparentemente compensó el poco desarrollo del hongo (16).

8. Plantas en descomposición producen gases nematóxicos, taninos, ácidos minerales . . . control biológico ocurre todo el tiempo y la materia orgánica en el suelo forma el mayor sustrato para estos organismos competidores (12).

Factores Importantes en Desarrollar Métodos Viables de Control Para Nemátodos del Nudo de la Raíz a Través de Sistemas de Cultivo

1. Interrelaciones/interacciones de Meloidogyne spp. con otros nemátodos fitoparásitos.

2. Interrelaciones/interacciones con otros organismos (hongos, bacterias) incluyendo parásitos débiles y hongos parásito fuertes.

3. Interrelaciones/interacciones con especies no fitoparásitas (biocontrol).

4. Variabilidad de los nemátodos del nudo de la raíz, especies, razas.

5. Resistencia de los cultivos usados a otras plagas y enfermedades.

6. Valor económico de los cultivos.

7. Conocimiento y apreciación de los sistemas existentes de cultivo, un buen punto de comienzo en investigación de sistemas de cultivo. Tomar en cuenta lo siguiente:

a) Cultivos, variedades usados y por qué.

b) Epoca de siembra y por qué.

c) Si se práctica cultivo solo, intercultivo o parcelas mixtas, rotación de cultivos, ¿cuáles son las secuencias de cultivo?

d) Tecnología correspondiente que incluya estratégias apropiadas de control de plagas.

8. Balance ecológico.

Literatura Citada

1. Badra, T., M. M. Khattab y G. Stino. 1980. Influence of sub- and supra-optimal concentrations of some growth regulators on growth of guava, phenol status, nitrogen concentration and numbers of Meloidogyne incognita. Nematologica 26:157-162.
2. Bird, A. F. 1972. Influence of temperature on embryogenesis in Meloidogyne javanica. J. Nematology 4:206-213.
3. Castillo, M. B., M. S. Alejar and J. A. Litsinger. 1977. Nematodes in cropping patterns. III. Composition and populations of plant parasitic nematodes in selected cropping patterns in Batangas, Philippine Agr. 60:285-292.
4. Chattanjee, A. and N. C. Sukul. 1980. Nematicidal action of three wild plants. Nematologica 25:500-501.
5. Davide, R. G. and M. B. Castillo. 1981. Cropping systems for the control of root-knot nematodes, pp. 214-221 In Proc. of the Third Res. Planning Conf. on Root-Knot Nematodes, Meloidogyne spp., Region VI, July 20-24, Jakarta, Indonesia.
6. Gommer, F. J., J. Bakker and Liesbeth Smits. 1980. Effects of singlet oxygen generated by the nematicidal compound α-terthienyl from Tagetes on the nematode Aphelenchus avenae. Nematologica 26:369-375.
7. Hackney, R. W. and O. J. Dickerson. 1975. Marigold, castor bean and chrysanthemum as controls of Meloidogyne incognita and Pratylenchus alleni. J. Nematol. 7:84-90.
8. Hutton, D. G. 1968. Three-year crop rotations for control of Meloidogyne incognita on the south-central plains of Jamaica (interim report). Mimeographed, 9 pp.
9. Jatala, P., E. R. French, and L. Gutarra. 1975. Interrelationships of Meloidogyne incognita acrita and Pseudomonas solanacearum on potatoes. J. Nematol. 7:325.
10. Jatala, P. and C. Martin. 1977. Interactions of Meloidogyne incognita acrita and Pseudomonas solanacearum on field grown potatoes. Proc. Amer. Phytopathol. Soc. 4:177-178.

11. Kelman, A. 1953. The bacterial wilt caused by Pseudomonas solanacearum. North Carolina Agr. Exp. Sta. Bull. No. 99.

12. Norton, D. C. 1979. Relationship of physical and chemical factors to populations of plant-parasitic nematodes. Annu. Rev. Phytopathology 17:279-299.

13. Nusbaum, C. J. and H. Ferris. 1973. The role of cropping systems in nematode populations. Ann. Rev. Phytopathology 11:423-440.

14. Ogunfowora, A. O. 1979. Factors affecting emergence, survival and infectivity of Meloidogyne naasi. Nematologica 24:72-80.

15. Smit, J. J. and W. S. Bos. 1976. Root knot in northern Nigeria, pp. 40-43 In Proc. of the IMP Res. Planning Conf. on Root-Knot Nematodes, Meloidogyne spp. International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan. 83 pp.

16. Stirling, G. R. 1979. Effect of temperature on parasitism of Meloidogyne incognita eggs by Dactylella oviparasitica. Nematologica 25:104-119.

17. Suneson, C. A. 1960. Genetic diversity--a protection against diseases and insects. Agron. J. 52:319-321.

18. Van Gundy, S. V., A. F. Bird, and H. R. Wallace. 1967. Ageing and starvation in larvae of Meloidogyne javanica and Tylenchulus semipenetrans. Phytopathology 57:409-423.

19. Visser, T. and M. K. Vythilingham. 1959. The effects of marigolds and some other crops on the Pratylenchus and Meloidogyne species populations in the soil. Tea Q. 30:30-38.

20. Wallace, H. R. 1963. Control, pp. 231-266 In The Biology of Plant Parasitic Nematodes. Edward Arnold Ltd., London.

21. Wallace, H. R. 1971. The influence of temperature on embryonic development and hatch in Meloidogyne javanica. Nematologica 17:179-186.

EFFECTS OF CROPPING SYSTEMS ON THE CONTROL OF ROOT-KNOT NEMATODES

S. A. Raymundo*

INTRODUCTION

With soil-borne organisms including root-knot nematodes, effective control hinges a great deal upon appreciation of the conditions which favor or disfavor their multiplication to destructive levels. Often, before one recommends a resistant variety to control a given pest, he requires additional information about the prevailing cropping systems. Through this information he is better guided in deciding which variety will have better "total adaptability" in the area of intended introduction.

CROPPING SYSTEM

This defines the pattern of growing crops in terms of crop combinations and sequences in addition to the practices and technologies with which the crops are produced. In effect, the pest population will respond to the crops themselves as well as the arrangement of the crops in time and space (Figure 1).

Crop Itself

Crop species: Plant species differ in attractiveness and suitability as hosts of harmful organisms including nematodes. Crops such as cassava have few recorded pests. Others, notably solanaceous crops, have large pest complexes which are greater in the tropics than in temperate regions.

Crop variety: Within each species there is a range of pest susceptibility among varieties or cultivars. Choosing a pest-susceptible, high-yielding variety could mean that the cost of protecting the crop from pest damage would be greater than the gain from the higher yield. Such a variety cannot be grown profitably until a more economical pest management technology has been developed.

Annual or perennial crop: Generally, it is held that natural enemies of pests sustain themselves better in perennial than in annual

*Plant Protection Specialist, International Potato Center, P.O. Box 5969, Lima, Peru

High Pest Potential → Low Pest Potential

CROP ITSELF

Large pest complex not competitive with weeds → Small pest complex highly competitive with weeds (Crop species)

Susceptible variety → Tolerant variety → Resistant pure line → Resistant multigenic

Annual → Perennial

Long-maturing → Short-maturing

CROP ARRANGEMENT IN TIME

Monoculture → Crop species rotation

Continuous planting → Discontinuous planting

Asynchronous planting → Syncronous planting

Season favorable to pest → Season unfavorable to pest

CROP ARRANGEMENT IN SPACE

Sole cropping → Row or strip intercropping → Mixed intercropping

Low plant density ↔ High plant density

Large field ↔ Small field

Large host crop area ↔ Small host crop area

Host fields aggregated ↔ Host fields scattered

Figure 1. Kinds of crops and their arrangement in time and space evaluated as to the potential development of pest problems. Some effects are seen to be high in pest potential, some intermediate, some low.

crops because the cultivation of perennial crops results in less disturbance of the soil, more stability and more structural diversity.

Short-maturing vs. long-maturing crops: A short-maturing crop is less exposed than a long-maturing crop and, therefore, tends to avoid the brunt of pest attack. In the case of weed pests however, a late maturing economic crop may prove advantageous.

Crop Arrangement in Time

Monoculture: In many parts of the world, certain areas are planted exclusively to one crop species year after year. Monoculture reduced diversity of species of pests including nematodes. The few species tend to explode in number because they have a greater potential of building up under conditions of less interference or competition. Smit and Bos (15) reported that such is the case in northern Nigeria. Here tomato is such a profitable crop that farmers tend to grow it continuously in spite of low yields. Root-knot nematodes are found in almost every "fadama" field.

Crop rotation: The alternation of crop species has long been known to lessen the incidence of pests (13). The success lies in choosing sequences of crops having the fewest pests in common. The best results usually are achieved by combination of botanically unrelated crops following one another.

Populations of *Meloidogyne* spp. and other nematodes were reported in monoculture and rotation cropping systems in Batangas, Philippines (3) (Table 1). It is clear from this table that while monoculture of certain crop species (tomato) favors population build-up of *Meloidogyne* spp. and other genera, the effect of other crop species (asparagus) does not appear to be as dramatic. The varying effects of different successive rotation schemes are quite evident. Where radish and garlic were used in the rotation, *Meloidogyne* spp. populations were remarkably reduced. Successive rotation of rice-garlic-corn-tomato drastically reduced *Meloidogyne* spp. populations but favored the build-up of other parasitic species.

Hutton (8) stated that it is difficult, though possible, to develop a crop rotation schedule for controlling *Meloidogyne* spp.

Table 1. Population of *Meloidogyne* spp. and other nematodes in various cropping systems in Batangas, Philippines.

Cropping System 3-year period)	Mean *Meloidogyne* spp. population from 250 cc soil	Other genera [a/]
Successive monoculture		
Tomato	194	487
Asparagus	0	35
Successive rotation of cereals and other crops		
Rice-tomato	142	19
Rice-eggplant	312	22
Rice-corn-tomato	276	127
Corn-tomato-radish	1	51
Rice-garlic-corn-tomato	24	604

a/ Predominantly *Rotylenchulus*, *Helicotylenchus* and *Tylenchorhynchus* species.

Source: Castillo *et. al.* 1977

He attributes such difficulty primarily to the fact that these species have such wide host ranges that they reproduce on many weeds as well as on numerous economic crops. In Hutton's attempts to develop a rotation schedule aimed at Meloidogyne spp. (particularly M. incognita) control, fluctuation in soil and root populations of the nematode were plotted (Figure 2).

Sorrel, the first crop, was in the ground from 1978 to February 1979. Seeds of red and white sorrels were mixed (3:1) before planting. At harvest, soil around the red sorrel plants was heavily infested with M. incognita, 60/100 cc while the nematode occurred at 50/100 cc soil about the white sorrel. Roots of the red sorrel were infested extremely heavily (265/gm) and galled (average gall rating = 4.3) whereas white sorrel was moderately infested (36/gm) and lightly galled (average galling rating = 1.6). Significant information from this crop was that white sorrel appeared to be highly resistant to M. incognita; red sorrel is highly susceptible.

After a short interval of fallow (early February to mid March 1979) a crop of cassava was planted. Populations of M. incognita declined in the soil about cassava initially then increased subsequently. At harvest, there were 3/100 cc soil; cassava roots had low nematode counts but showed no galling. Cassava appeared resistant to the nematode.

The field was left to fallow from March to July 1980 and then planted to Chinese cabbage. Here, low numbers of the nematodes were found in the soil (2/100 cc) and moderate numbers in roots (10/gm). Less than 10% of examined roots were severely galled (rating 4-5) and about 45% showed no galling; the others were lightly to moderately galled (rating = 1-3). Chinese cabbage appeared to be good host of M. incognita, but populations of the nematode were low after 5 months fallow and did not have time to build-up substantially over the short span of this crop. Corn was interplanted with Chinese cabbage towards the end of the latter crop. Corn did not support M. incognita but favored substantial build up of lesion nematodes Pratylenchus spp.

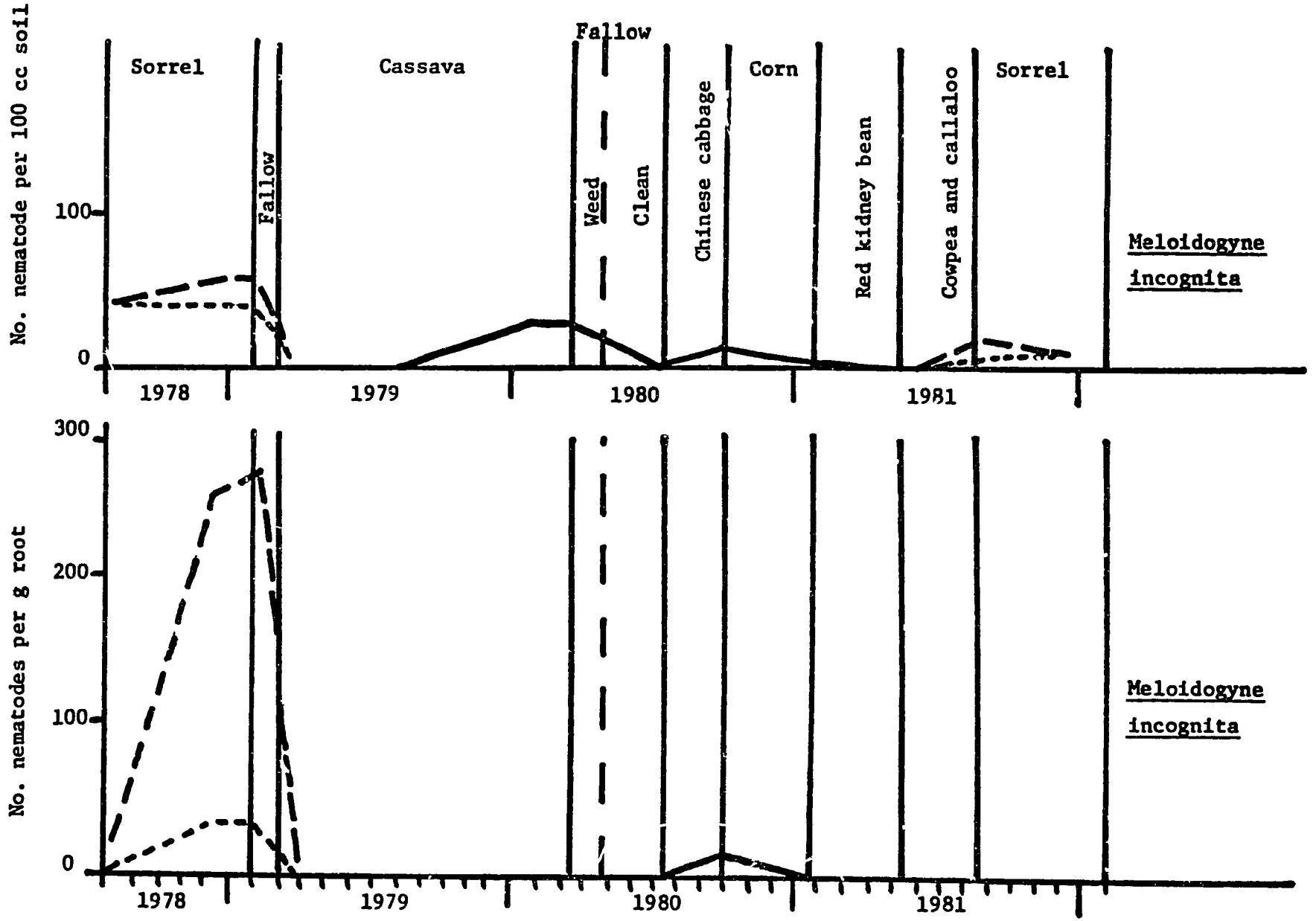


Fig. 2. Fluctuation in soil population (top) of Meloidogyne incognita and numbers in roots (bottom) associated with 7 crops* and fallow period in a 3-year rotation trial to control the root-knot nematode.

*Crops were sorrel (Hibiscus sabdariffa), cassava (Manihot esculenta), Chinese cabbage (Brassica chinensis), corn (Zea mays), red kidney bean (Phaseolus vulgaris), callaloo (Amaranthus viridis) and cowpea (Vigna sinensis).

Red kidney bean followed corn. The low levels of M. incognita after corn declined further on the legume. Cowpea and callaloo were interplanted in the red kidney bean plots. The low levels of the root-knot nematode following red kidney bean increased slightly on callaloo and somewhat more on cowpea. Sorrel followed callaloo and cowpea to complete the 3-year cycle. Data indicated that the nematode increased in the soil although the population on roots was nil to insignificant.

A principal consideration in the development of appropriate cropping systems designed for root-knot nematode control is the build up of other harmful nematodes (5). In the rotation trial just described, the important nematodes and their relative importance were studied (Figure 3). Pratylenchus, Helicotylenchus and Tylenchorhynchus species populations increased substantially when the field was planted to corn whereas the population of Meloidogyne sp. dropped. Helicotylenchus, Rotylenchulus and Tylenchorhynchus species were nil to insignificant when the field was cropped to cassava although Pratylenchus spp. populations increased towards the end of the season. The effect of the fallow period can vary among different nematodes. For instance, the 5-month fallow (March to July 1980) resulted in a decline in soil populations of Pratylenchus spp., an increase in populations of Tylenchorhynchus spp., and little or no effect in populations of Helicotylenchus and Rotylenchulus species.

In the evolution of meaningful cropping systems for root-knot nematode control, one should be aware that while a certain crop species, sequence of different crop species, or combinations of different species may suppress root-knot nematodes, such sequences or combinations could aggravate damage by other organisms like the wilt bacterium, Pseudomonas solanacearum as well as various fungi (9, 10, 11).

In an on-going study on integrated control of root-knot on potato at the International Potato Center, cropping systems (rotation) are being investigated along with the effects of chemical control (Temik), biological control with the fungus Paecilomyces lilacinus, and a combination of Temik and fungus (Table 2).

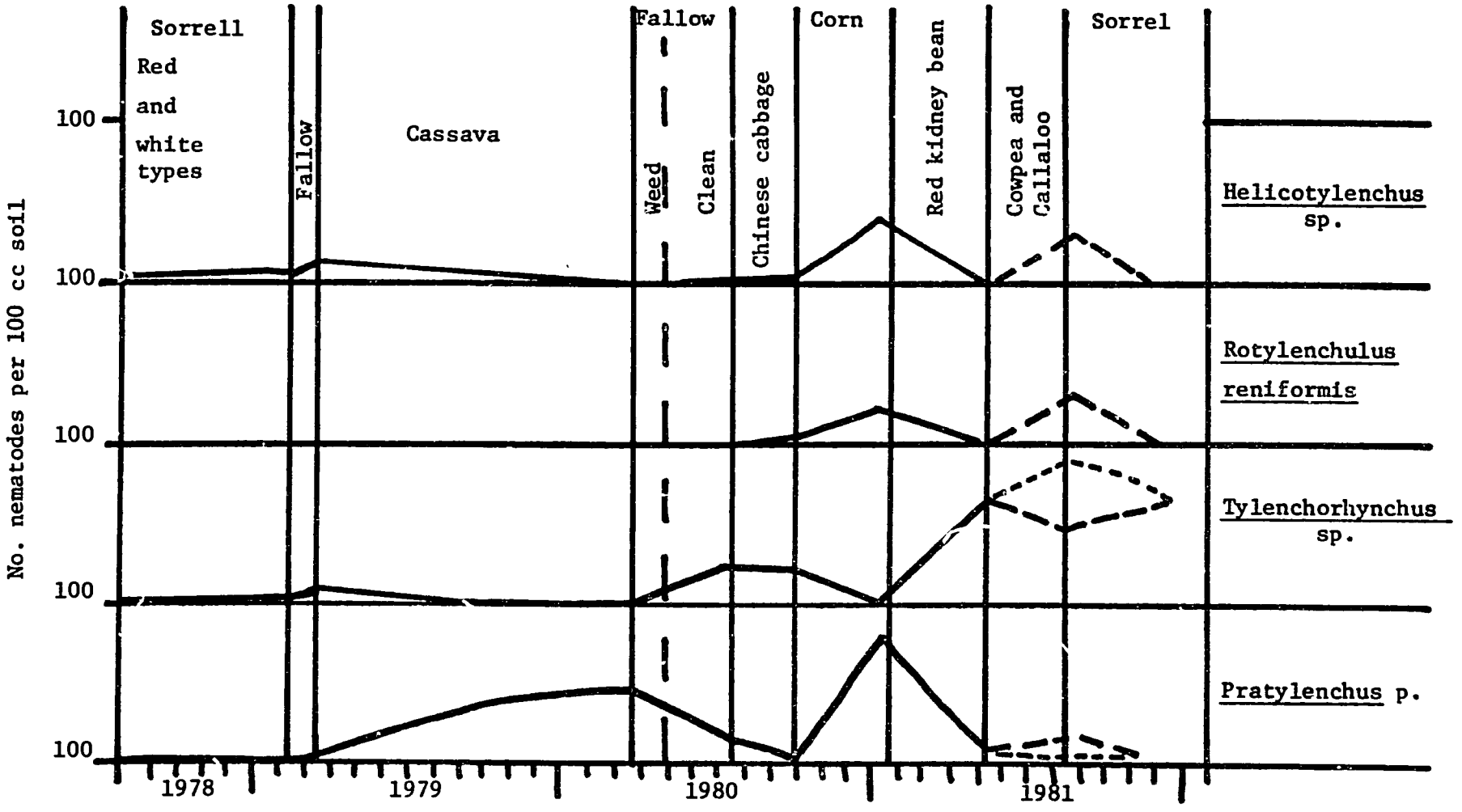


Fig. 3. Fluctuations in soil populations of parasitic nematodes other than Meloidogyne incognita, associated with seven crops* and fallow periods used in a three-year rotation trial aimed at control of the root-knot nematode.

*Crops were sorrel (Hibiscus sabdariffa), cassava (Manihot esculenta), Chinese cabbage (Brassica chinensis), corn (Zea mays), red kidney bean (Phaseolus vulgaris), callaloo (Amaranthus viridis) and cowpea (Vigna sinensis).

Table 2. Galling Index at Pre-Planting and Post-Harvest on three Rotation Crops Planted on Fungus (*Paecilomyces lilacinus*), Temik and Fungus + Temik Plots.

Treatment	First Crop = Potato			Second Crop = Corn	Third Crop = Beans		Fourth Crop = Potato	% Fungus-Associated Wilt (as of March 20/82)
	Galling Index from Bioassay		Galling Index at Harvest	Post-Harvest Bioassay Galling Index	Post-Harvest Bioassay Galling Index	Galling Index at Harvest	Pre-Planting Bioassay Galling Index	
	Pre-Planting	Post-Harvest						
Control	2.3	2.0	2.7	3.0	2.7	2.4	2.2	7.0
Temik	2.5	2.1	2.3	3.4	2.6	2.6	2.2	7.5
Fungus	2.3	2.2	2.1	3.1	2.5	2.8	2.4	6.9
Temik + Fungus	2.6	1.6	1.9	3.4	2.2	2.6	1.9	7.5

Severity of infection (based on galling index) is more or less maintained among the different crops used in rotation; however, corn has a relatively higher over-all galling index compared with potato and bean. In the first crop, use of Temik + fungus and fungus alone on potato produced the lowest galling index at harvest. However, this trend was not evident in the corn and bean crops which followed. On the fourth crop (potato), the Temik + fungus treatment had the lowest pre-planting bioassay root galling index compared with Temik or fungus alone and control.

One interesting observation is the increasing incidence of fungus/insect-associated wilt in the present potato crop. It is possible that the preceding bean crop (which is highly susceptible to the observed fungus) favored its build-up resulting in high inoculum level to the present potato crop. If such is the case, potato following bean would not be a good crop sequence in areas where this fungal pathogen occurs.

It is noteworthy to mention that among the treatments, wilt incidence was least in the fungus alone plots compared with the three other treatments.

Continuous vs. discontinuous cropping in time: Continuous cropping, which means closing the seasons (no crop-free periods), can be disastrous. Presumably, a pest species would build up with each successive planting of crop hosts until growth has been impaired. However, the disastrous effects of continuous cropping can be alleviated through proper selection of crop species, or a variety of species, which are not subject to common pests. For instance, one does not automatically rule out planting tomato-potato-pepper-eggplant in succession because the solanaceous crops are hospitable hosts of *Meloidogyne* species. *Meloidogyne*-resistant varieties of tomato may be followed by eggplant varieties with less resistance to the nematode, given that this nematode is the only major problem.

Discontinuous cropping is usually effected by leaving the field under fallow, with or without weeds. Since *Meloidogyne* species are cosmopolitan and attack numerous other weed hosts, a weed-free fallow would better insure reduction of their populations to

non-destructive levels. Nematode-reducing properties of fallowing have been attributed to its effects on various factors including soil temperature, water regime, nematicidal compounds from decomposing plant debris, etc. (2, 18, 21).

The work of Ogunfowora (14) illustrates varying responses of crop species under different flood/fallow regimes (Table 3). While sugarbeet (var. Kono) responded differentially to varying fallow/flood regimes, barley (var. Bigo) did not. Also, the weeds from the barley field were significantly less severely galled compared with the galling under the different fallow/flood regimes. This was not the case with the weeds in the sugarbeet field.

Asynchronous vs. synchronous planting: It is obvious that if pests, including nematodes, have available host tissues all the time, their population build-up to highly destructive levels would be greatly encouraged. On the other hand, if the crops are planted synchronously, exposure to the pests is reduced.

Seasonal effects: The effect of seasons on pest abundance is well known and adjustment of planting dates can prove to be a very effective and inexpensive means of preventing pest problems.

CROP ARRANGEMENT IN TIME

Mixed and Row Intercropping

It may be hypothesized that the pest-reducing effects would be maximized in mixed intercropping. This is because plants of the same crop species are more randomly distributed and hence more isolated from their own kind under mixed than under row intercropping. Visser & Vythelingham (19) and Wallace (20) reported that the intercropping of marigold (*Tagetes* sp.) affected nematodes including *Meloidogyne* spp. that would have damaged the unacceptable susceptible hosts in the mixture. It was suggested that marigold acted as an antagonistic crop in that its roots released chemicals that repelled or killed nematodes.

Hackney and Dickerson (7) found differences in the number of *Meloidogyne incognita* galls as well as egg masses in roots of different crop species planted alone or in associations. The association of tomato with castor bean resulted in considerable

Table 3. Effect of fallowing and flooding of soil on root-knot (*Meloidogyne naasi*) galling index of test plants

Treatments	Root-knot galling index[1/] Barley (Var. Bigo)	Sugarbeet (Var. Kono)
Fallow 4 weeks	3.0 a	0.8 cd
Flood 4 weeks	3.7 a	2.7 a
Fallow 8 weeks	3.5 a	0.7 cd
Flood 8 weeks	3.3 a	0.5 cd
Fallow 12 weeks	3.0 a	1.0 bc
Flood 12 weeks	3.7 a	1.5 cd
Uninterrupted flooding 12 weeks[2/]	3.0 a	0.8 cd
Weeds 12 weeks[3/]	1.8 b	0.3 d

1/ Based on rating of 0 (no galling) to 5 (very severe galling)

2/ Flooded 5 weeks, drained 2 weeks, then flooded for another 5 weeks

3/ Primarily *Cerastium arvense*, *Chenopodium* sp.; *Glechoma beteracea*, *Polygonum convolvulus*, *Poa annua* and *Sonchus* sp.

Source: Ogunfowora, 1979

reduction in the number of galls in tomato compared to the number of galls in the same crop when planted alone or in association with marigold or chrysanthemum. From the data taken 90 days after transplanting, it is very apparent that tomato was the more hospitable crop to M. incognita in mixed plots of tomato-marigold, tomato-castor bean and tomato-chrysanthemum.

Strip Cropping

Strip cropping is the growing of diverse crops side by side in many small fields. Because of the genetic diversity there exists a buffer for the explosive build-up of nematodes, insect pests and diseases. The built-in genetic protection inherent in the small farms typical of developing countries should not be overridden by the widespread adoption of one crop with a narrow germplasm base (17).

Low vs. High Plant Density

The implication of this factor relates more to weeds than to other groups of pests. Where low plant density occurs, weeds have more space available thereby a greater chance of establishment. With nematodes, a high plant density may facilitate or hinder quick spread depending upon the nematode species, host resistance/susceptibility, relationship with other soil-borne pathogens, soil terrain, etc.

SOME EXPLANATIONS FOR THE INFECTION-REDUCING EFFECTS OF CROPPING SYSTEM COMPONENTS OR ASSOCIATED PRACTICES

Effects on Host-Parasite Relationships (7)

1. Among non-compatible hosts of Meloidogyne incognita (e.g. castor bean) used in crop association, many giant cells were small, and some had degenerated. A few females reached maturity and eggs were observed, but most egg masses were entirely within the galls. No oviviparity was observed.

2. In castor bean and marigold, giant cells, female egg masses and matrix deposition were not typical.

3. Abberations in infection sites were observed. In marigolds, nematodes developed slowly, and in many infection sites, giant cells and nematodes were degenerated. Some females had broken through to the outside of the gall, and small eggs were produced.

Specific Activities

1. The nematicidal compounds terthienyl (2, 2', 5', 2'-thienyl) was extracted from roots of African marigolds (Tagetes) species (6).

2. Plant growth regulators are known to alter nematode-plant interactions. It was found that maleic hydrazide, phosphon and chloride chlorocholine chloride (CCC) slowed development of Meloidogyne incognita, M. hapla and M. javanica on tobacco and tomato, whereas ethrel, cytokinin and NAA increased galling and number of nematodes (1).

3. Petroleum ether extracts of wild plants Tragia involucrata L. (Euphorbiaceae) and Acanthocepalus kadamba Mig. (Rubiaceae) contain nematicidal substances. Chloroform extract of Peristophe bicalyculata Nees. (Acanthaceae) possesses nematicidal properties. A. kadamba was the most potent among the three (4).

Effects of Modification or Changes in the Crop Environment

1. Soil moisture affected larval emergence and infectivity of Meloidogyne naasi. Most larvae emerged in soil that was kept at 74% field capacity in a monthly drying cycle. Fewer emerged from soil that was flooded constantly. The converse was true for larval invasion (14).

2. In flooding and fallowing experiments, greater larval invasion was observed following flooding of the soil than in soil that was fallowed, or left to natural weed growth for up to 12 weeks (14).

3. Lipids disappeared most rapidly in second stage larvae of M. naasi stored under aerobic conditions. Some larvae became quiescent under anerobic conditions (14).

4. Clean fallow and soil left to the growth of native weeds, some of which are hosts of M. naasi, controlled the nematode better than flooding (14).

5. A decrease in infectivity was associated with a corresponding decrease in motility, and a decrease in body contents of second stage larvae of M. javanica when aged and stored at 27°C in soil and water. Survival of infective larvae was greater in soil than in water, and was associated with retention or body contents . . .

There was no significant loss in body contents of M. javanica during the penetration activity, although larvae active in finding roots in the soil depleted body reserves faster than did larvae in soil without roots (18).

6. Body contents were used up rapidly at high temperature in dry soil and in oxygenated solutions. Conversely, body contents were conserved at low temperatures in wet soils and in solutions with low oxygen concentration, and this was associated with increased motility and activity (18).

7. In studies involving Dactylella oviparasitica, a fungal parasite of Meloidogyne eggs, it was observed that the optimum temperature for radial growth on agar was 24-27°C. However, the fungus actively parasitized eggs at temperatures of 12-27°C. Invasion of egg masses and penetration and growth in eggs took longer as temperatures decreased, but the slower rate of reproduction, development of eggs and hatch of eggs apparently more than compensated for the decreased growth of the fungus (16).

8. Decomposing plants produce nematoxic gases, tannins, organic acids, and mineral acids; biological control occurs all the time, and organic matter in the soil forms much of the substrate for these competing organisms (12).

Important Factors in Evolving Viable Control Methods for Root-Knot Nematode Through Cropping Systems

1. Relationships/interactions of Meloidogyne spp. with other plant-parasitic nematodes.

2. Relationships/interactions with other organisms (fungi, bacteria) including weakly parasitic and strongly parasitic fungi.

3. Relationships/interaction with non-plant parasitic (bio-control) species.

4. Variability of root-knot nematodes: species, races.

5. Resistance of crops used to other pests and diseases.

6. Economic value of crops.

7. Knowledge and appreciation of existing cropping systems--a good starting point in cropping systems research must take into account the following:

a) Crops, crop varieties used and why,

b) Time of planting and why,

c) Whether sole, inter- or mix plots; if crop rotation is practiced what are the crop sequences,

d) Corresponding technologies including appropriate pest control strategies.

8. Ecological balance.

Literature Cited

1. Badra, T., M. M. Khattab y G. Stino. 1980. Influence of sub- and supra-optimal concentrations of some growth regulators on growth of guava, phenol status, nitrogen concentration and numbers of Meloidogyne incognita. Nematologica 26:157-162.

2. Bird, A. F. 1972. Influence of temperature on embryogenesis in Meloidogyne javanica. J. Nematology 4:206-213.

3. Castillo, M. B., M. S. Alejar and J. A. Litsinger. 1977. Nematodes in cropping patterns. III. Composition and populations of plant parasitic nematodes in selected cropping patterns in Batangas, Philippine Agr. 60:285-292.

4. Chattanjee, A. and N. C. Sukul. 1980. Nematicidal action of three wild plants. Nematologica 25:500-501.

5. Davide, R. G. and M. B. Castillo. 1981. Cropping systems for the control of root-knot nematodes, pp. 214-221 In Proc. of the Third Res. Planning Conf. on Root-Knot Nematodes, Meloidogyne spp., Region VI, July 20-24, Jakarta, Indonesia.

6. Gommer, F. J., J. Bakker and Liesbeth Smits. 1980. Effects of singlet oxygen generated by the nematicidal compound α-terthienyl from Tagetes on the nematode Aphelenchus avenae. Nematologica 26:369-375.

7. Hackney, R. W. and O. J. Dickerson. 1975. Marigold, castor bean and chrysanthemum as controls of Meloidogyne incognita and Pratylenchus alleni. J. Nematol. 7:84-90.

8. Hutton, D. G. 1968. Three-year crop rotations for control of Meloidogyne incognita on the south-central plains of Jamaica (interim report). Mimeographed, 9 pp.

9. Jatala, P., E. R. French, and L. Gutarra. 1975. Interrelationships of Meloidogyne incognita acrita and Pseudomonas solanacearum on potatoes. J. Nematol. 7:325.

10. Jatala, P. and C. Martin. 1977. Interactions of Meloidogyne incognita acrita and Pseudomonas solanacearum on field grown potatoes. Proc. Amer. Phytopathol. Soc. 4:177-178.

11. Kelman, A. 1953. The bacterial wilt caused by Pseudomonas solanacearum. North Carolina Agr. Exp. Sta. Bull. No. 99.

12. Norton, D. C. 1979. Relationship of physical and chemical factors to populations of plant-parasitic nematodes. Annu. Rev. Phytopathology 17:279-299.

13. Nusbaum, C. J. and H. Ferris. 1973. The role of cropping systems in nematode populations. Ann. Rev. Phytopathology 11:423-440.

14. Ogunfowora, A. O. 1979. Factors affecting emergence, survival and infectivity of Meloidogyne naasi. Nematologica 24:72-80.

15. Smit, J. J. and W. S. Bos. 1976. Root knot in northern Nigeria, pp. 40-43 In Proc. of the IMP Res. Planning Conf. on Root-Knot Nematodes, Meloidogyne spp. International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan. 83 pp.

16. Stirling, G. R. 1979. Effect of temperature on parasitism of Meloidogyne incognita eggs by Dactylella oviparasitica. Nematologica 25:104-110.

17. Suneson, C. A. 1960. Genetic diversity--a protection against diseases and insects. Agron. J. 52:319-321.

18. Van Gundy, S. V., A. F. Bird, and H. R. Wallace. 1967. Ageing and starvation in larvae of Meloidogyne javanica and Tylenchulus semipenetrans. Phytopathology 57:409-423.

19. Visser, T. and M. K. Vythilingham. 1959. The effects of marigolds and some other crops on the Pratylenchus and Meloidogyne species populations in the soil. Tea Q. 30:30-38.

20. Wallace, H. R. 1963. Control, pp. 231-266 In The Biology of Plant Parasitic Nematodes. Edward Arnold Ltd., London.

21. Wallace, H. R. 1971. The influence of temperature on embryonic development and hatch in Meloidogyne javanica. Nematologica 17:179-186.

CONTROL BIOLOGICO CON EL HONGO *Paecilomyces lilacinus*

Logros actuales y posibilidades de investigación colaborativa entre el CIP y los colaboradores del IMP

Parviz Jatala*

Se conoce la existencia de hongos que se alimentan de nemátodos desde 1888. Para la mayoría de los casos, las especies registradas provienen de materia orgánica en descomposición. Sin embargo, en 1954 se mostró que estos hongos también son comunes en el suelo. Agregar materia orgánica al suelo estimularía la mayoría de estos hongos que atrapan nemátodos y una competencia saprofítica con otros organismos. Solamente después de una intensa competencia y con una alta población de nemátodos estos hongos comienzan a alimentarse de nemátodos.

Durante las décadas pasadas se hicieron muchos intentos en macetas y en pruebas de campo de usar hongos predatores para controlar nemátodos. Los resultados de estas pruebas han sido inconclusas y en muchos casos desilusionadores. Se concluyó que condiciones favorables para el desarrollo de los hongos predatores en el suelo pueden ser producidas en el laboratorio, y algunas veces en invernadero, pero que en el campo solamente se obtienen un desarrollo limitado y un nivel insuficiente de control de nemátodo que no afecta su ataque y daño a las plantas. Como resultado estos organismos no han sido usados comercialmente debido al hecho que un alto porcentaje de muerte de nemátodos es necesaria para hacer un efecto notorio.

A comienzos de 1978, un hongo del grupo de los hifomicetos identificado como *Paecilomyces lilacinus* (Thom) Samson fue aislado de masas de huevos de *Meloidogyne* encontrada en una raíz de papa infectada provenientes de las montañas del centro del Perú en el valle de Huánuco. El uso de este hongo como un agente biologico potencial para controlar nematodos se ha investigado.

Para poder examinar este organismo bajo diversas condiciones climatológicas prevalecientes en diferentes partes del mundo, los estudios de control biológico del departamento de Nematología y Entomología del Centro Internacional de la Papa (CIP) forman parte de

---

los objetivos de control estratégico del Proyecto Internacional de Meloidogyne (IMP). Por lo tanto, se espera que los colaboradores del IMP de diferentes partes del mundo evalúen este organismo bajo sus condiciones locales y la información generada de sus estudios sea recopilada y evaluada para emitir recomendaciones finales sobre el control biológico de las especies de Meloidogyne. Este organismo, por lo tanto, está siendo distribuido a los varios colaboradores del IMP junto con la metodología para la preparación y establecimiento de Paecilomyces lilacinus para la inoculación del campo la cual es la siguiente:

Aislamiento y Establecimiento del Cultivo del Hongo

Para aislar el hongo del cultivo en arena y multiplicarlo para la infestación del campo, se usan los siguientes procedimientos:

1. Agitar bien el frasquito que contiene el cultivo en arena; asépticamente llenar una tapa (1 gm) de este cultivo y echarlo en un tubo de ensayo que contenga 9 ml de agua destilada estéril.

2. Mezclar bien y añadir 1 ml de esta solución a otro tubo de ensayo que contenga 9 ml de agua destilada estéril.

3. Repetir el paso No. 2.

4. Echar 2 ó 3 gotas de la solución del tercer tubo de dilución en una placa conteniendo medio papa dextrosa agar. Distribuya el líquido con una anza estéril sobre el medio y esparcir el líquido con una gasa y almacene las placas a temperatura ambiente.

5. El paso No. 4 puede repetirse usando la dilución del tubo 2 o se puede hacer más diluciones para obtener colonias individuales.

6. Las colonias de hongos aparecerán a los dos días y dentro de 7 a 10 días la superficie del medio será cubierta por hifas del hongo. La esporulación se realiza dentro de las 48 horas.

P. lilacinus crece muy achatado sin micelio aéreo y las colonias son de color violeta claro y lila. Se puede mantener el hongo en PDA para medio de transferencias periódicas sin perder su efectividad de controlar Meloidogyne.

Preparación Para Infestación del Campo

Se han obtenido buenos resultados cultivando el hongo en granos de arroz esterilizado. Sin embargo, se pueden conseguir resultados similares usando trigo, avena, cebada, etc. Posiblemente se necesitan

hacer modificaciones en el procedimiento si se usa otro medio que no sea grano de arroz.

Procedimiento:

1. Remojar las semillas de arroz en agua durante 12 horas. Luego secarlas con toallas de papel o tela, colocarlas en un frasco Erlenmayer y esterilizar en autoclave durante 50 minutos.

2. Colocar unos cuantos mililitros de agua esteril en las placas de petri conteniendo colonias del hongo con 10 a 14 días de edad. Mezclar suavemente, pero bien, con una aguja esterilizada o anza para hacer una suspensión de esporas. (Debe tenerse cuidado de no romper el medio de agar.)

3. Recolectar en botellas estériles la suspensión de esporas de varias placas e inocular los granos de arroz estéril con algunos ml de esta suspensión. Dejar que el hongo desarrolle en los granos de arroz a temperatura ambiente. Batir el frasco todo los días para asi obtener un crecimiento uniforme del hongo.

4. El hongo crecerá en los granos de arroz y se podrá observar en pocos días.

5. Después de 14 días de la inoculación, habrán suficiente hongos para su aplicación en el campo.

Aplicacion y Experimentacion en el Campo

1. Preparar un campo uniformemente infestado con Meloidogyne para ser sembrado.

2. Si es posible, usar papas como cultivo experimental. Si no usar un cultivo que Meloidogyne spp infecte y produzca rápidamente masas de huevo visibles. Es aconsejable evitar cultivos que muestren grandes agallas sin muchas masas de huevo visibles.

3. Conducir un experimento en bloques randomizados usando por lo menos 5 repeticiones por tratamiento. Cada tratamiento debe consistir por lo menos en 5 hileras.

4. Los tratamientos deben consistir de parcelas no-tratadas, tratadas con el hongo y, si es posible, parcelas tratadas con nematicidas con un metro de espacio entre parcela.

5. Si no hay suficiente espacio disponible de campo para el experimento antes descrito, hacer cada uno de los tratamientos antes mencionados por lo menos con 10 hileras de 20 metros cada una.

6. En cada 40 m^2 de parcelas a ser sembradas, aplicar aproximadamente 1.5 kg de granos de arroz infectados con el hongo. Esparcir el inóculo uniformemente a una profundidad de 10-15 cm del suelo y cubrirlo bien antes de ser sembrado. Si se usa papas u otros tubérculos, el inóculo puede ser aplicado junto con las semillas.

7. Si es posible, en las parcelas tratadas con nematicidas, deben usarse dósis recomendadas de formulaciones granulares como Temik, Furadan o Nemacur al momento de siembra.

8. Se debe tener cuidado para que el agua de la irrigación no pase de una parcela a otra. Evite usar las herramientas que se han usado en parcelas tratadas con hongos o en otras parcelas. Primero se deben usar las herramientas en otras parcelas y luego en las tratadas con el hongo.

9. En la cosecha, se debe examinar y clasificar las raíces para la infección por nemátodos usando un índice de agallas de 1-5 (1 = raíces sin agallas y/o reproducción de nemátodos a 5 = índice de agallas de raíces muy severas y/o una alta reproducción de nemátodos.

10. Si se usa un diseño experimental de bloques randomizados con 5 ó más repeticiones, evalué cada raíz de las plantas de las 3 hileras del centro de cada parcela. En el caso de las 10 hileras de 20 m por hilera, usar las 8 hileras del centro y evaluar por lo menos 20 plantas de cada hilera tomadas al azar.

11. Si el cultivo es papa, evaluar la infección del tubérculo usando el siguiente índice:

1 (sin infección de tubérculos por planta) a 5 (100% de infección de tubérculos por planta).

12. Muestras de raíces tomadas al azar deben ser llevadas al laboratorio para ser teñidas.

13. Teñir 10 gm de una muestra compuesta de raices por hilera con fucsina ácida en lactofenol y clarificar en lactofenol 24 horas antes de su examinación.

14. Extraer 20-50 masas de huevos por muestra. Romper 5 masas de huevos en un portaobjeto del microscopio usando un cubre objeto. Examinar bajo un microscopio compuesto para observar algunas infecciones fungosas. Se debe registrar el número de masas de huevos infectadas con hongos y el porcentaje de huevos infectados en las masas de huevos.

15. También se debe registrar el rendimiento. Si el cultivo experimental es papa o raíces de cultivos tuberosos, se debe registrar el rendimiento de tubérculos o raíces infectados o no infectados en cada parcela. Para calcular correctamente el rendimiento por hectárea, es aconsejable registrar el rendimiento de un número definido de plantas por parcela.

16. Si es posible, el cultivo subsiguiente debe ser examinado como se describe anteriormente, usando el mismo tratamiento de parcelas sin posterior aplicación del hongo o nematicidas.

Comentarios

Podría existir un efecto del cultivo en el establecimiento de la población y en la efectividad del hongo. Hasta donde se conoce el camote no se debe usar como el principal cultivo experimental.

BIOLOGICAL CONTROL WITH THE FUNGUS *Paecilomyces lilacinus*

Progress to date and possibilities for collaborative research between CIP and IMP collaborators

Parviz Jatala*

The existence of fungi that prey on nematodes has been known since 1888. In the majority of cases, the species recorded came from decaying organic matter. However in 1954, it was shown that they were also common in soil. Addition of organic matter to soil would stimulate many of the nematode trapping-fungi into saprophytic competition with other organisms. Only after intense competition and at high nematode populations would these fungi begin to feed on nematodes.

During the past several decades many attempts have been made in pots and in field trials to use predacious fungi for nematode control. Results of these trials have been inconclusive and for most cases disappointing. It was concluded that congenial conditions for the growth of the predacious fungi in soil could be produced in laboratory and sometimes in greenhouse experiments, but in the field, only sparse growth, insufficient to control nematodes to a level affecting their attack and damage to plants, could be obtained. As a result, these organisms have not as yet been used commercially due to the fact that a high percentage of kill is needed to make the effort worthwhile.

In early 1978, a fungus of the group Hyphomycetes, identified as *Paecilomyces lilacinus* (Thom) Samson, was isolated from *Meloidogyne* egg masses found on an infected potato root from a central Peruvian highland in the Huanuco Valley. Use of this fungus as a potential biological agent for controlling nematodes was investigated.

Laboratory, greenhouse and field experiments conducted in Peru confirmed that *P. lilacinus* effectively controls the root-knot nematode *Meloidogyne* species. The fungus penetrates the nematode eggs and destroys the embryo. It also attacks and grows inside developing females resulting in their death. So far, the fungus has been most effective for controlling *M. incognita*. However, trials are underway to determine if it also would aid in controlling other

---

nematodes. P. lilacinus is not pathogenic to plants and can be readily cultured under laboratory conditions.

In order to test this organism under various climatological conditions prevailing in different parts of the world, the biological control studies of the Department of Nematology and Entomology of the International Potato Center (CIP) became part of the objectives of control strategies of the International Meloidogyne Project (IMP). Therefore, it is hoped that collaborators of the IMP from different parts of the world will test this organism under their local conditions, and that the information generated from their studies be compiled and evaluated for final recommendations on biological control of Meloidogyne species. Therefore, this organism is being distributed to various IMP collaborators together with a methodology for preparation and establishment of P. lilacinus for field inoculation which is as follows:

Isolation Establishment of the Fungal Culture

To isolate the fungus from the sand culture and increase it for field inoculation, the following procedures are used:

1. Shake the vial containing the sand culture well and aseptically place the entire contents or a capful (1 gm) in a test tube containing 9 ml sterilized-distilled water.

2. Mix well and add 1 ml of this solution to another tube containing 9 ml sterilized-distilled water.

3. Repeat step No. 2.

4. Place 2 or 3 drops of the solution from the third dilution tube on a plate containing potato dextrose agar medium. Spread the liquid with a sterilized loop on the medium and store the plates at room temperature.

5. Step 4 can be repeated using dilution tube number 2 or further dilutions can be made to obtain individual colonies.

6. Fungal colonies will appear in two days and within 7-10 days the surface of medium will be covered by fungal hyphae. Sporulation takes place within 48 hours. P. lilacinus grows very flat with no aerial mycelium, and the colonies are light violet or lilac in color. The fungus can be maintained on PDA by periodic transfer without it loosing its effectivity to control Meloidogyne species.

Preparation for Field Inoculation

Good results have been obtained by growing the fungus on sterilized rice grains. However, similar results may be obtained using wheat, oat, barley, etc. You may need to make modifications in the procedure if you use a medium other than rice grains.

Procedure:

1. Soak rice grains in water for 12 hours. After this period dry the seeds with paper towel or cloth, place them in an Erlenmyer flask and sterilize in an autoclave for 50 minutes.

2. Place several milliliters of sterilized water in the plates containing 10- to 14-day-old fungal colonies. Gently mix well with a sterilized needle or loop to make a spore suspension. (Care should be taken not to break the agar medium.)

3. Collect the spore suspension from several plates in a sterilized bottle and inoculate the sterilized rice grains with several ml of this suspension. Allow the fungus to grow on rice grains at room temperature. Shake the flask every day to promote uniform growth of the fungus.

4. Fungus will grow on rice grains and can be observed within a few days.

5. Fourteen days after inoculation, there should be sufficient fungal growth for field application.

Field Inoculation and Experiment

1. Prepare a uniformly *Meloidogyne*-infested field for planting.

2. If possible, use potatoes as the experimental crop. If not, use a crop that *Meloidogyne* species infect and which produces readily visible egg masses. It is advisable to avoid a crop that exhibits big galls with not many visible egg masses.

3. Conduct a randomized block design experiment using at least 5 replications per treatment. Each treatment should consist of at least 5 rows.

4. Treatments should consist of non-treated, fungus-treated and, if possible, nematicide-treated plots with a 1-meter space between plots.

5. If sufficient field space is not available for the experiment described above, use the above 3 treatments with at least 10 rows of 20 meters per row in each treatment.

6. Apply approximately 1.5 kg of fungus-infected rice grains per 40 square meter-plots at planting. Spread the inoculum evenly 10-15 cm deep in the soil and cover well before planting.

7. If possible, in nematicide-treated plots, recommended rates of granular preparations such as Temik, Furadan or Nemacur should be used at planting.

8. Care should be taken so that the run-off water from the irrigation does not enter one plot from another. Avoid re-using the tools used in the fungus-treated plots in other plots. First use the tools in other plots, then in the fungus-treated plot.

9. Upon harvest, examine and rate the roots for nematode infection using a galling index of 1-5 (1 = no root galling and/or nematode reproduction to 5 = very severe root galling index and/or a very high nematode reproduction).

10. If a randomized block design experiment with 5 or more replications is used, evaluate each plant root of the center 3 rows of each plot. In case of the 10 rows of 20 meters per row treatment, use the center 8 rows and randomly evaluate at least 20 plants per row.

11. If the crop is potato, evaluate tuber infection using the following index:

1 (no tuber infection per plant) to 5 (100% tuber infection per plant).

12. Random root samples should be taken to the laboratory for staining.

13. Stain a 10-gm composite root sample per row with acid fuchsin in lactophenol and clear in lactophenol for 24 hours prior to examination.

14. Extract 20-50 egg masses per sample. Crush 5 egg masses on a microscope slide using a coverglass. Examine under a compound scope for fungal infection. Data should be recorded on the number of fungus-infected egg masses and the percentage of infected eggs per egg mass.

15. Yield should also be recorded. If the experimental crop is potato or another root of tuber crops, yield of infected and non-infected tubers or roots per plot should be recorded. For yield per hectare to be calculated accurately, it is advisable that the yield of a definite number of plants per plot be recorded.

16. If possible, the subsequent crop should be examined as described above according to the same treatment plots without further fungal or nematicide application.

Comments

There might exist a crop effect on population establishment and effectivity of the fungus. As far as it is known, sweet potatoes should not be used as the first experimental crop.

GRUPO DE DISCUSIÓN SOBRE DESARROLLO DE CULTIVARES RESISTENTES

COMISION: Manuel Canto (Presidente)
Eleodoro Herrera
Julia Amaya de Guerra
Enrique Cabanillas
Hector Gonzales

RECOMENDACIONES

Cultivos

Los colaboradores del proyecto deberían dedicarse a la búsqueda general de resistencia, primeramente en cultivares comerciales. Si no se encontrara resistencia en cultivares comerciales se debería buscar resistencia en líneas silvestres.

El proyecto debería establecer conecciones entre los colaboradores y bancos de germoplasma de interés, universidades norteamericanas u otras instituciones que tengan interés en los cultivos en que los colaboradores trabajen; a fin de intercambiar material mejorado o líneas cuya resistencia se desea probar.

El proyecto debería financiar o buscar la financiación de viajes para coleccionar material genético de cultivos o para visitar zonas que no hayan sido extensivamente muestreadas.

Los colaboradores deben intercambiar entre ellos material genético de cultivos que sean de interés mutuo y el proyecto debería financiar o buscar la financiación de viajes entre los colaboradores a fin de facilitar este intercambio.

Los colaboradores deben determinar los cultivos más importantes para cada zona y el proyecto debería determinar prioridades de enfoque de estos cultivos.

Los colaboradores deberían asignarse los cultivos más importantes para trabajar y tratar que los cultivos y esfuerzos no se dupliquen demasiado. Por ejemplo, el Ing. Eleodoro Herrera del Perú y el Ing. Héctor Gonzales de Chile manifestaron que los cultivos prioritarios para su trabajo eran durazno, tomate y vid; el Ing. Enrique Cabanillas del Perú, tomate, zanahoria y frijol; la Dra. Julia Guerra del Perú, apio, cucurbitáceas y camote.

Los colaboradores también deberían dar importancia a cultivos nativos de su zona, aun cuando estos cultivos no sean de importancia mundial. Por ejemplo el tomate de árbol o berenjena.

Nematodos

Los colaboradores deberian concentrarse mayormente en Meloidogyne incognita y M. javanica, pero deberian probar las lineas contra varias poblaciones del nemátodo de cada lugar.

Metodologia

Los colaboradores deberían uniformar sus métodos de la evaluación para resistencia. Es necesario realizar estudios para determinar lo óptimo para cada cultivo en referencia a: cantidad de inóculo, tamaño de maceta, fecha de evaluación, lugar de experimentación (invernadero, campo, laboratorio). Deberían estudiarse otros métodos de evaluación.

RECOMENDACIONES GENERALES

El proyecto debería facilitar bibliografías sobre los cultivos en que los colaboradores trabajen.

El proyecto debería asignar asesores especializados para los colaboradores para que contesten consultas por correo. (Por ejemplo, un genetista, un fisiólogo, etc.)

El proyecto debería ayudar en la financiación de los trabajos de los colaboradores o buscar ayuda de financiación de universidades norteamericanas u otras instituciones que tengan interés en los cultivos en que los colaboradores trabajen. Esta ayuda es necesaria debido a los problemas de personal, facilidades y materiales que generalmente tienen los colaboradores.

Una vez encontrados los cultivares resistentes, los colaboradores deben estudiar el uso de estos cultivares en control integrado; por ejemplo: con el uso de nematicidas, el efecto de fertilizantes en la resistencia, etc. También deben estudiar el comportamiento de los cultivares resistentes frente a organismos que interaccionan con nemátodos del nudo de la raíz.

DISCUSSION GROUP ABOUT THE DEVELOPMENT OF RESISTANT CULTIVARS

COMMITTEE: Manuel Canto (Chairman)
Eleodoro Herrera
Julia Amaya de Guerra
Enrique Cabanillas
Héctor Gonzales

RECOMMENDATIONS

Crops

The cooperators of the project should do general screening for resistance, primarily in commercial cultivars. If resistance is not found in commercial cultivars, wild lines can be examined.

The project should establish contacts between the cooperators and germplasm banks, North American universities or other institutions that are interested in the crops in which the cooperators work. These contacts will facilitate the interchange of improved material or desirable lines.

The project should finance or look for economic support for trips to collect genetic material of crops of places that haven't been extensively sampled.

The collaborators should exchange among themselves genetic material of crops of mutual interest, and the project should give economic support for visits among the cooperators in order to facilitate this exchange.

The cooperators must determine the most important crops for each zone, and the project should determine priorities among these crops.

The cooperators should assign themselves work on the most important crops, trying not to duplicate crops and efforts. For instance, Ing. Eleodoro Herrera from Peru and Ing. Héctor Gonzales from Chile chose peach, tomato and grape as crop priorities; Ing. Enrique Cabanillas from Peru--tomato, carrot and bean; Dra. Julia Guerra from Peru--celery, cucurbits and sweet potato.

The cooperators should also give importance to crops which are native to their zones, even if these crops are not of worldwide importance, for example the tree-tomato.

NEMATODES

The cooperators should concentrate mainly on *Meloidogyne incognita* and *M. javanica*, but lines should be tested against several nematode populations from each geographic area.

METHODOLOGY

The cooperators should standardize their evaluation of resistance. It is necessary to determine the optimum (in every crop) in relation to inoculum density, pot size, evaluation time, and testing conditions (greenhouse, field, lab). They should also study other evaluation methods.

GENERAL RECOMMENDATIONS

The project should facilitate bibliographies about the crops on which the cooperators work.

The project should assign specialized advisors to answer questions by mail. For instance a plant breeder, plant physiologist, etc.

The project should help to finance the work of the cooperators or look for economic support from North American universities or other institutions with interest in the crops on which the cooperators work. This help is very important due to the problems of personnel, facilities and materials that the cooperators usually have.

Once resistant cultivars are found, the cooperators should study the use of these cultivars in integrated control systems: for example, with the use of the effect of fertilizers on resistance, etc. They should also test these cultivars against other organisms that interact with root-knot nematodes.

EVALUACION DE SISTEMAS DE CULTIVOS
RECOMENDACIONES

Pedro Gallo D. (Chile)
Mauricio O. Jiménez (Chile)
Miguel A. Costilla (Argentina)

I. Ensayos de Control Químico

A. Se sugiere incorporar una evaluación económica en las diferentes pruebas experimentales que se llevan a cabo en los distintos países que conforman la Región, dando antecendentes de las formas de uso.

B. Intensificar el contacto entre los colaboradores que conforman la Región con objeto de mantener un banco de datos en los aspectos que se consideran importantes.

II. Rotación de Cultivos y Prácticas Culturales

A. En la práctica de rotaciones de cultivos, como una manera de reducir poblaciones y en consecuencia daños económicos, estimamos se hace necesario sugerir el uso de diferentes cultivos que permitan mantener una rentabilidad para los agricultores. Para tal efecto es de gran importancia el estudio del umbral económico.

B. Recopilar los posibles avances de prácticas culturales en el control de nematodes, debiendo ser éstas sugeridas por los colaboradores.

C. Iniciar de alguna manera la práctica del control integrado.

III. Control Biológico

Sugerimos se de a conocer la metodología para detectar los posibles agentes controladores biológicos y al mismo tiempo iniciar la introducción de microorganismos benéficos conocidos en zonas en que no estén presentes a fin de estudiar el comportamiento regional.

IV. Transferencia Tecnologica

Teniendo en cuenta que en el punto de transferencia tecnológica hay dos aspectos a considerar: a) transferencia tecnológica que otorga la Universidad de Carolina del Norte a los colaboradores, y, b) transferencia de los colaboradores

en los distintos países, vemos muy provechosa la visita de un experto de Carolina del Norte a los distintos países que conforman la Región, de tal manera lograr un efecto multiplicador en la transferencia de tecnología.

CROP SYSTEM EVALUATION RECOMMENDATIONS

Pedro Gallo D. (Chile)
Mauricio O. Jiménez (Chile)
Miguel A. Costilla (Argentina)

I. Chemical Control

A. Experimental trials should include a summary of the methods of application used and an economic evaluation in each country of the region.

B. Contact and data interchange among the collaborators in the region should be promoted.

II. Crop Rotation and Cultural Practices

A. To reduce nematode populations and economic damage, it is necessary to include profitable crops in the rotation programs; therefore, it is necessary to determine economic threshold densities.

B. To review and publish the achievements in cultural practices that control nematodes.

C. To promote integrated control.

III. Biological Control

We suggest that the methodology to detect biological control agents should be published and taught. The known beneficial microorganisms should be introduced in new zones so their regional performance can be studied.

IV. Technology Transfer

We should consider two aspects:

A. Technology transfer from North Carolina State University to the collaborators.

B. Technology transfer from the collaborators to the workers in each country.

The visit of an expert from North Carolina to the different countries of the regions would be very useful.

TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA
REGION II - AMERICA DEL SUR

Graciela de Sisler (Argentina)
Rafaél Navarro Alzate (Colombia)

Nosotros consideramos que las necesidades prioritarias son:

1. Una nueva bibliografía con pequeños resúmenes y la posibilidad de solicitar artículos de nuestro interés.

2. Un servicio de consejería para atender preguntas de los colaboradores.

3. Apoyo económico para capacitar consejeros agrícolas.

4. Ayuda para capacitación de estudiantes y para hacer con ellos investigación nematológica.

5. Apoyo económico para atender congresos y cursos.

6. Ayuda para publicaciones de resultados de investigación y boletines.

7. Colecciones de películas y transparencias sobre daño causado por los nemátodos para mostrarlos a los agricultores.

8. Colección de montajes para microscopio.

9. Afiches mostrando el daño a diferentes cultivos (de acuerdo a las regiones) para exhibirlos en oficinas agrícolas.

TECHNOLOGY TRANSFER

REGION II: SOUTH AMERICA

Graciela de Sisler (Argentina)
Rafael Navarro Alzate (Colombia)

We consider the needs in order of priority to be:

1. A new bibliography with small abstracts and with the possibility of requesting the papers of our interest.

2. An advisor for continuous consultation.

3. Economic support for training agricultural advisors.

4. Aid in training students and in working with them in nematological research.

5. Economic support to attend conferences and courses.

6. Assistance in the publishing of research results and bulletins.

7. Films and slide collections on crop damage, etc. for farmers.

8. Slide collection for microscopes.

9. Posters of damage on different crops (according to the regions) for agricultural offices.

Conference in session.

Peru (L to R): Dr. Parviz Jatala, Ing. Eleodoro Herrera, Dr. Manuel Canto-Saenz, Dra. Julia Amaya de Guerra, Ing. Enrique Cabanillas.

Argentina (L to R): Ing. Graciela M. de Sisler and
Ing. Miguel Atilio Costilla.

Chile (L to R): Ing. Pedro Gallo, Mauricio O. Jiménez,
Ing. Héctor M. González-Rodríguez.

Colombia: Ing. Rafael Navarro

United States (L to R): Dr. Jon D. Eisenback, Dr. H. H. Triantaphyllou, Dr. Joseph N. Sasser, Dr. A. C. Triantaphyllou.

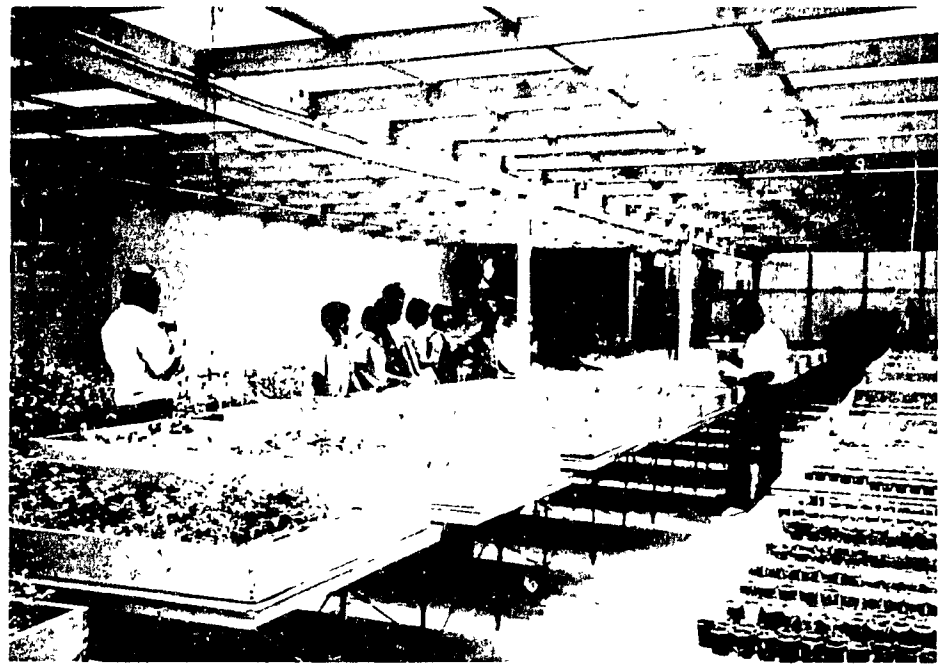
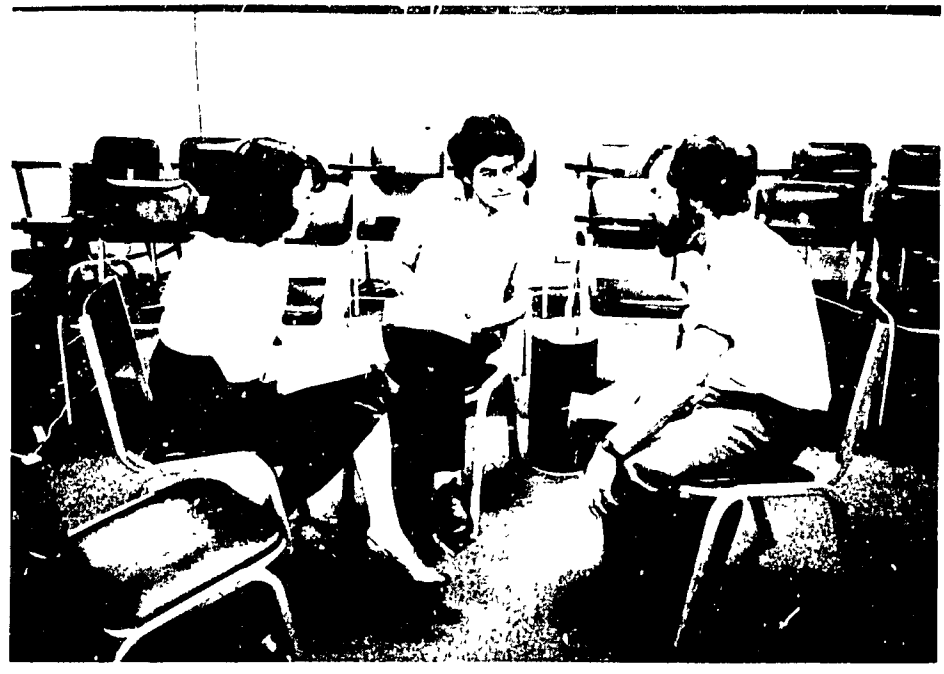
Breeding for Resistance

Breeding for Resistance Work Group (L to R): Ing. Enrique Cabanillas, Ing. Héctor M. González-Rodríguez, Ing. Eleodoro Herrera, Dr. Manuel Canto, and Dra. Julia Amaya de Guerra.

Cropping Systems Research

Cropping Systems Work Group (L to R): Ing. Pedro Gallo, Mauricio O. Jiménez, and Ing. Miguel A. Costilla.

Technology Transfer



Technology Transfer Work Group (L to R): Ing. Graciela M. de Sisler, Ing. Rafael Navarro, and Russell Ghent.