

VARIACION ESTACIONAL DE LA DISTRIBUCION VERTICAL DE *Meloidogyne incognita* EN FINCAS TABACALERAS EN PEREZ ZELEDON^{1/*}

Alejandro Esquivel ^{2/**}

Róger López ^{***}

Fabio Blanco ^{**}

ABSTRACT

Seasonal variation of the vertical distribution of *Meloidogyne incognita* in tobacco farms in Pérez Zeledón. The seasonal changes in the vertical (0-75 cm deep) distribution of second-stage juveniles of *M. incognita* on 3 flue-cured tobacco (cv. Speight G-28) farms, were monitored during 13 consecutive months. Densities varied greatly during this period, depending on crop phenology, and in general were higher at the corn and particularly at the tobacco harvests. Densities were higher at all depths in the sandy loam soils of Repunta than in the loam/silty loam soil at La Palma.

INTRODUCCION

Los nematodos del género *Meloidogyne* Goeldi, 1887 son uno de los patógenos más importantes en el agroecosistema del tabaco (*Nicotiana tabacum* L.) en Costa Rica (López, 1978). Es reconocido que existe una estrecha relación entre su densidad poblacional inicial (Pi) y la cuantía del daño producido en el cultivo (Shepherd y Barker, 1990), por lo que sería posible predecir este último si se contara con un estimado confiable de la Pi. La mayoría de los modelos predictivos de pérdidas de cosecha se basan en muestreos hechos en los primeros 15 a 20 cm del suelo (Barker y Nusbaum, 1971) y algunos autores (Baker e Imbriani, 1984) consideran que una muestra compuesta de 20 o

más barrenazos individuales, tomados con un barrenado de 2,5 cm de diámetro a 20 cm de profundidad, es adecuada para estimar poblaciones de nematodos fitoparásitos que tengan una densidad alta. Cuando se trata de muestrear poblaciones de *Meloidogyne* spp. con fines predictivos la anterior sugerencia puede no ser satisfactoria, si se considera que su distribución vertical es afectada por la textura y la temperatura del suelo (Brodie, 1976; Pinkerton *et al.*, 1987), así como por la distribución de las raíces (López, 1981; Goodell, 1982), lo que puede causar su ubicación profunda. Además, debe considerarse su gran capacidad de migración vertical (Prot, 1978). Lo anterior justifica la importancia de estudiar el patrón de distribución espacial de estos nematodos, con el fin de formular un plan eficiente de muestreo que constituya la base para predecir el comportamiento de los nematodos de una manera confiable y usar los recursos de una manera óptima, v.g., aplicando nematocidas sólo cuando la Pi sobrepase la densidad crítica (Barker e Imbriani, 1984). Las anteriores consideraciones y la poca información local disponible sobre este tema, motivaron la realización de una investigación que tuvo como uno de sus objetivos estudiar la variación temporal de la distribución

1/ Recibido para publicación el 5 de octubre de 1995.

2/ Autor para correspondencia.

* Parte de la tesis de MSc. presentada por el primer autor ante el Programa de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales, Universidad de Costa Rica.

** Escuela de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional. Apartado postal 86-3000 Heredia, Costa Rica.

*** Laboratorio de Nematología, Escuela de Fitotecnia, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

vertical de segundos estados juveniles (J2) de *M. incognita* en 3 fincas tabacaleras ubicadas en el cantón de Pérez Zeledón.

MATERIALES Y METODOS

De enero de 1991 a enero de 1992 fue hecha una investigación en 3 fincas de tabaco estufado infestadas con *M. incognita* en el Cantón de Pérez Zeledón. Las Fincas A y B están localizadas en Repunta, a 580 msnm, tienen una topografía plana y sus suelos, de textura franco arenosa, son clasificados como Fluventic Ustic Dystropepts.

En la Finca A hubo tallos de tabaco de la cosecha anterior y unas pocas malezas en el terreno desde enero hasta mediados de febrero; posteriormente los tallos fueron cortados casi a nivel del suelo y se mantuvieron ahí hasta mediados de marzo, cuando el suelo fue arado y rastreado. A mediados de abril fue sembrado maíz, el que fue cosechado en la tercera semana de agosto. Un mes después el terreno fue arado, rastreado y los rastrojos de maíz fueron incorporados. El nematocida etoprop fue aplicado a inicios de octubre; el tabaco fue transplantado inmediatamente y cosechado a inicios de enero.

En la Finca B la situación fue similar, excepto que durante marzo y abril hubo gran crecimiento de malezas y tallos de tabaco y no fue utilizada maquinaria agrícola para la preparación del suelo. El maíz fue sembrado en los mismos lomillos donde estaba el tabaco, a mediados de abril fue hecha una aplicación de herbicida y una vez cosechado el maíz, los rastrojos fueron agrupados y quemados en varios puntos de la finca. La Finca C está ubicada en La Palma, a 700 msnm, es de topografía plana, con suelos de textura franco limosa clasificados como Fluventic Ustropepts. Al inicio del muestreo había tabaco de 15 días de transplantado, el que fue cosechado a finales de marzo; en este mes el terreno estuvo muy seco y hubo crecimiento abundante de la maleza llamada coyolillo (*Cyperus rotundus*). El terreno fue arado y rastreado a mediados de abril. En la tercera semana de mayo fue sembrado sorgo, en una alta densidad, el que fue cortado en la tercera semana de setiembre y dejado en el suelo como cobertura hasta la tercera semana de noviembre, cuando fue incorporado mediante una arada y 2 rastreadas. A inicios de diciembre fue hecha una aplicación de etoprop e inmediatamente fue transplantado el tabaco. El último muestreo fue hecho a mediados de

enero, cuando el tabaco tenía 40 días de transplantado.

En cada uno de los 13 meses siguientes fueron tomadas muestras de suelo desde la superficie hasta los 75 cm de profundidad, a intervalos de 15 cm. Las muestras fueron extraídas con un barreno con martillo deslizante y una punta extractora de 2,2 cm de diámetro interno (Esquivel y Esquivel, 1993). En cada finca fueron escogidas al azar 8 parcelas de 1 m², las que fueron marcadas para darle seguimiento a la población de nematodos en el tiempo. En cada parcela el suelo proveniente de 3 puntos, dispuestos a lo largo de una diagonal imaginaria en cada profundidad, fue mezclado, identificado y procesado por aparte mediante una modificación de la centrifugación en solución azucarada (Jenkins, 1964). Los datos obtenidos fueron analizados mediante el programa SAS. Se consideró que los valores de la mediana, más que los del promedio aritmético, representan mejor la tendencia de la distribución de los J2, por lo que sólo los primeros son presentados.

RESULTADOS Y DISCUSION

En general, fue encontrada una gran heterogeneidad en los patrones de distribución vertical en las 3 fincas, la que podría ser calificada como errática. Se encontró una marcada variación estacional de la densidad de J2 en el suelo y una gran diferencia en densidad poblacional entre las Fincas A y B versus la C. En 2 de las 3 fincas las mayores densidades se presentaron al final de los ciclos de cultivo del maíz y del tabaco, lo que es ilustrado en las Figuras 1, 2 y 3 y a su vez, concuerdan con resultados previos (López, 1985).

En la Finca A la fluctuación vertical de *M. incognita* fue similar en todas las profundidades (Figura 1). En enero, febrero y abril las mayores densidades fueron detectadas entre los 31 y los 45 cm, mientras que en marzo la mayoría de J2 fue recuperada de los 31 a los 60 cm de profundidad. Esta localización tal vez obedeció a condiciones de temperatura más estables y favorables para esta especie, ya que no hubo relación entre la humedad del suelo y la densidad poblacional. Por otra parte, la presencia de rastrojos de tabaco podría explicar las densidades relativamente altas en todas las profundidades durante la parte inicial de este período. La reducción detectada en los primeros 15 cm en abril pareciera deberse a la arada y rastreada hechas durante marzo, a la falta de un

FINCA A

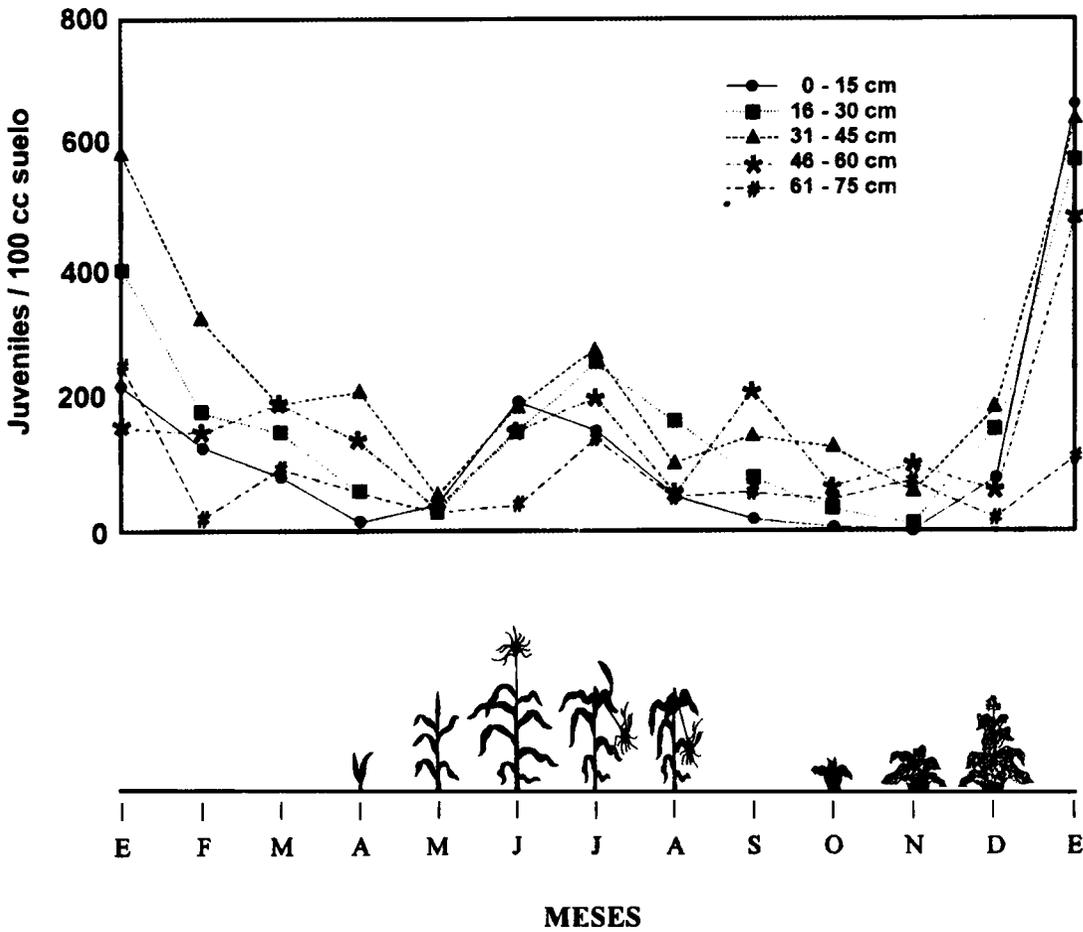


Fig. 1. Fluctuación vertical y temporal de la densidad poblacional de juveniles en segundo estado de *Meloidogyne incognita* en relación con la profundidad del suelo.

huésped adecuado y a que la época seca se acentuó en Repunta en este mes. En la Finca B la fluctuación vertical durante este período tuvo un comportamiento similar de los 31 a los 75 cm de profundidad (Figura 2). En enero y febrero las mayores densidades fueron recuperadas entre los 0 y 15 cm y los 31 y los 45 cm de profundidad, mientras que en marzo y abril las mayores densidades fueron recuperadas entre los 0 y los 30 cm. La presencia de tallos de tabaco, abundantes malezas y un alomillado alto probablemente propiciaron condiciones para una adecuada reproducción del nematodo y permitieron que su densidad aumentara en la capa superficial del suelo.

En mayo, con el inicio de las lluvias, hubo un incremento en la humedad; sin embargo, la densidad de *M. incognita* en la Finca A disminuyó muchísimo en todas las profundidades y de los 0 a los 45 cm en la Finca R. Esta reducción sucedió cuando el maíz tenía un desarrollo de 6 semanas y puede estar asociada con el crecimiento del sistema radical del maíz, cuyos exudados probablemente atrajeron los J2 en el suelo e indujeron la invasión de las raíces. En junio y julio la densidad de J2 nuevamente aumentó; en junio fue similar de los 0 a los 60 cm y ostensiblemente menor de los 61 a los 75 cm en la Finca A, mientras que en la Finca B las mayores densidades estuvieron entre los 16 y

FINCA B

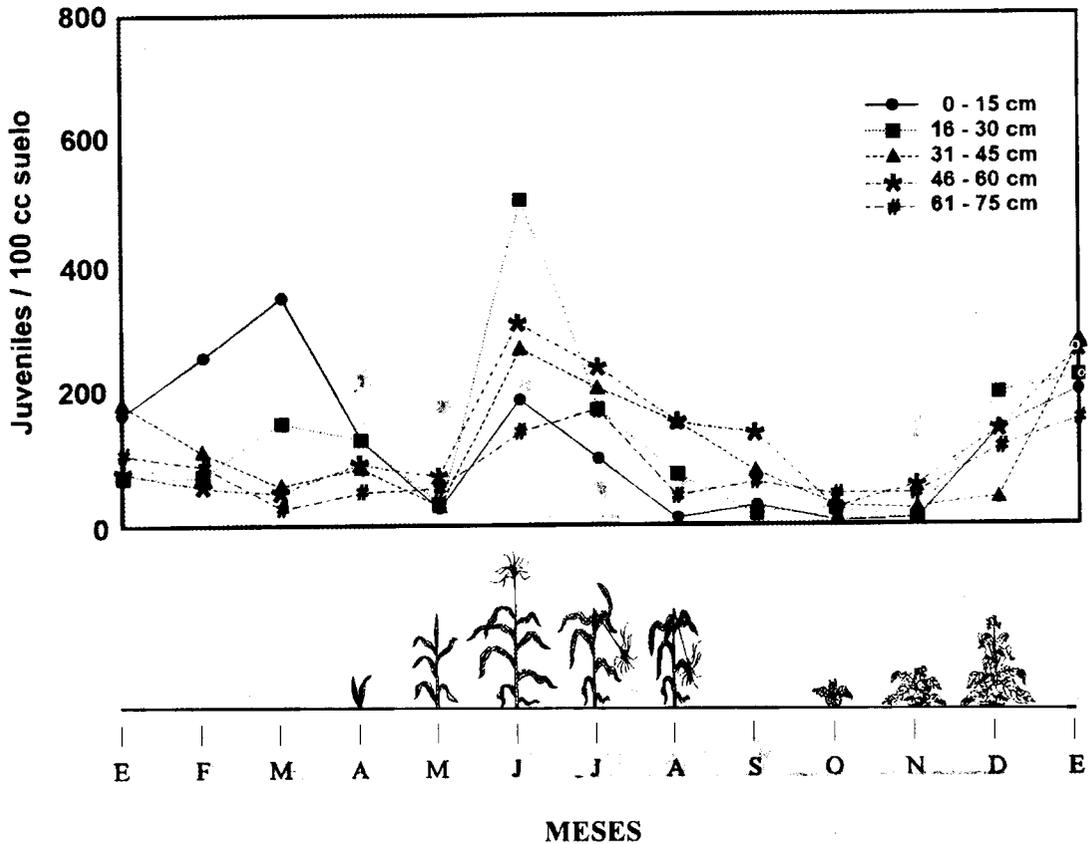


Fig. 2. Fluctuación vertical y temporal de la densidad poblacional de juveniles en segundo estado de *Meloidogyne incognita* en relación con la profundidad del suelo.

los 30 cm. En julio, las mayores densidades fueron localizadas entre los 16 y los 60 cm en la Finca A, mientras que en la B fueron similares entre los 16 y los 75 cm. La profundidad que alcanza el sistema radical del maíz (Robertson *et al.*, 1979), la proliferación de raíces que se presenta poco después de la invasión por los nematodos (Wallace, 1973) y la disponibilidad de nutrientes y agua (Dickson y Mc Sorley, 1990) podrían explicar el incremento observado en ambas fincas en junio y julio. A finales de julio los tallos de maíz fueron doblados para favorecer el secado de las mazorcas, lo que deterioró el sistema radical y probablemente redujo la densidad de nematodos en agosto en todas las profundidades y en ambas fincas. Es-

to es comprensible puesto que la principal fuente de energía en el ecosistema del suelo son las raíces y éstas modifican los patrones de distribución de los nematodos (Goodell, 1982). En la medida en que el sistema radical del huésped se deteriora, las poblaciones de nematodos tienden a disminuir (Sasser, 1989). El comportamiento errático de *M. incognita* en el sentido vertical permite explicar las diferencias en densidad poblacional detectadas en las 5 profundidades.

En setiembre, en la Finca A el suelo fue rastreado 2 veces y a inicios de octubre, al momento del transplante del tabaco, fue aplicado un nematicida. En este período la densidad de J2 disminuyó considerablemente en los primeros 30 cm

de profundidad, siendo mayor de los 31 a los 60 cm. En noviembre se determinó, en uno de los perfiles de una calicata, que el sistema radical del tabaco alcanzó los 85 cm de profundidad; la mayor abundancia de J2 fue detectada entre los 31 y los 60 cm. En diciembre y en enero del siguiente año, hubo un incremento considerable de la población entre los 31 y los 45 cm de profundidad; no obstante, las densidades también fueron altas en las demás profundidades. En la Finca B en términos generales, durante setiembre y octubre la densidad de J2 se mantuvo baja entre los 0 y 45 cm de profundidad. En noviembre se determinó que el sistema radical del tabaco había alcanzado una profundidad de 1,10 m. Esta situación coincidió con que en este mes la mayor abundancia fuera detectada entre los 61 y los 75 cm de profundidad. En diciembre y enero del siguiente año, hubo nuevamente un incremento considerable; aunque las mayores densidades estuvieron entre los 16 y 30 cm y de los 31 a los 60 cm de profundidad, las poblaciones también fueron altas en las demás profundidades.

La preparación del terreno (aradas y rastreadas) en los días previos al muestreo en la Finca A y la quema de rastrojos de maíz en la Finca B, podrían explicar que en setiembre se presentara una reducción aún más drástica en los primeros 30 cm de profundidad. La aplicación del etoprop al momento del trasplante del tabaco en las Fincas A y B coincidió con la reducción en densidad poblacional de J2 en los primeros 30 cm del suelo en octubre y noviembre. Desafortunadamente, se ha demostrado que los J2 de *Meloidogyne* spp. son capaces de ascender a través del perfil del suelo e infectar las raíces de sus huéspedes aún cuando haya sido aplicado un nematicida (Pinkerton *et al.*, 1987). Lo anterior complica las decisiones de manejo y podría explicar por qué *M. incognita* es uno de los principales limitantes del tabaco en Costa Rica, a pesar de la aplicación de nematicidas antes de la siembra; observaciones semejantes han sido hechas con anterioridad en tabaco burley (López, 1981). Similarmente a lo observado en las primeras etapas de desarrollo del maíz, la disminución de J2 en el suelo podría estar asociada con la invasión que sufrió el sistema radical del tabaco por parte de estos organismos.

Si se considera que las raíces juegan un papel importante en la distribución espacial de los nematodos en el suelo (Goodell, 1982), la relativa mayor abundancia de estos organismos después de los 30 cm podría asociarse con la gran profundidad

que alcanza el sistema radical del tabaco en los suelos franco arenosos de Repunta. También se ha determinado que la sobrevivencia de los nematodos aumenta cuando las poblaciones están localizadas en capas profundas, debido a que están protegidas de condiciones ambientales extremas; además, las medidas de combate físico y químico no tienen mayor efecto sobre ellas (Johnson y McKeen, 1973). El incremento significativo de la densidad poblacional de J2 en el suelo al final del cultivo del tabaco y posterior a su cosecha en todas las profundidades, podría ser debido a que el cultivar Speigh G-28 sólo confiere resistencia a las razas 1 y 3 de *M. incognita* (Shepherd y Barker, 1990), mientras que en Repunta ha sido encontrada la raza 2 (López, 1984). Las altas densidades de J2 encontradas al final del cultivo del tabaco, coinciden con hallazgos previos (López, 1981; López, 1985; López *et al.*, 1992).

El comportamiento de *M. incognita* en la Finca C (Figura 3) contrastó con lo observado en las otras dos. En esta finca el trasplante del tabaco fue hecho en diciembre y durante enero y febrero el cultivo fue mantenido con riego. En estos primeros meses las mayores densidades de J2 fueron detectadas de los 0 a los 15 cm de profundidad, mientras que en marzo la poca densidad de J2 recuperados en todas las profundidades coincidió con que en 2 de las estaciones de muestreo se habían perdido las plantas de tabaco, aunque hubo un abundante crecimiento de coyolillo, un huésped de este nematodo. En este mes fue registrada la menor humedad entre los 0 y los 15 cm de profundidad. Los rastrojos del cultivo fueron eliminados tan pronto fue cosechado el tabaco y posteriormente el terreno fue arado y rastreado. En abril nuevamente hubo un incremento de la población; la mayor densidad fue detectada entre los 61 y los 75 cm de profundidad. De mayo a agosto el terreno estuvo sembrado con sorgo a una alta densidad de siembra; durante estos meses hubo una reducción significativa de la población de *M. incognita*. En setiembre, el sorgo fue cortado y dejado en el campo como cobertura hasta mediados de noviembre. Posteriormente el terreno fue arado y rastreado y todo el rastrojo de sorgo fue incorporado al suelo. Al momento del trasplante del tabaco fue aplicado un nematicida. Durante estos últimos meses, prácticamente no fueron recuperados J2 de *M. incognita*.

Aunque en esta finca también fue sembrado el cultivar Speigh G-28, la época de siembra y la secuencia de cultivos fueron distintas a las usadas

FINCA C

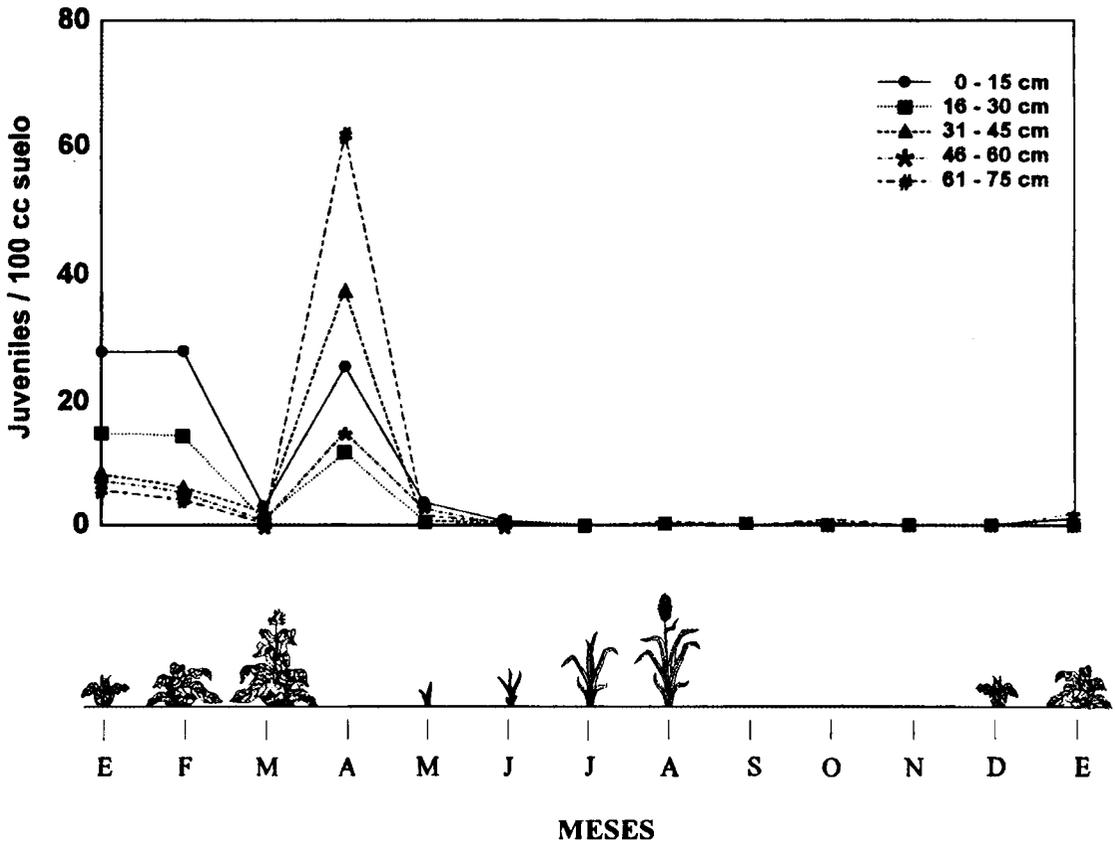


Fig. 3. Fluctuación vertical y temporal de la densidad poblacional de juveniles en segundo estado de *Meloidogyne incognita* en relación con la profundidad del suelo.

en las Fincas A y B. Las mayores densidades de J2 fueron detectadas durante los 2 primeros meses de crecimiento del tabaco. Durante este período se mantuvo riego en la finca, lo que pudo favorecer la eclosión de huevos que permanecían en el suelo. Sin embargo, contrario a lo observado en las Fincas A y B, la menor densidad de J2 se presentó al final del cultivo del tabaco. Este comportamiento podría ser debido a la disminución significativa de humedad gravimétrica registrada en marzo y probablemente porque la mayoría de la población permaneció dentro del sistema radical del tabaco. El aumento en abril podría haberse debido a masas de huevos que quedaron en el suelo posterior a la cosecha del tabaco y que

eclosionaron cuando aumentó la humedad, al inicio de la época lluviosa. El bajo número de individuos recuperados con relación a las Fincas A y B podría estar asociado con el tipo de suelo. Además, la eliminación inmediata de los rastrojos de tabaco, junto con la preparación del terreno, probablemente incidió en la reducción de la Pi. Es sabido que el manejo de los nematodos formadores de nódulos depende, entre otras cosas, de la destrucción rápida de los residuos de cosecha para retardar así el daño al siguiente cultivo (Barker e Imbriani, 1984). Además, las bajas densidades detectadas durante y después del sorgo sugieren que este cultivo no fue un huésped adecuado para *M. incognita*. Existe evidencia del

gran potencial que tienen algunos cultivares de sorgo para mantener bajas las densidades de *Meloidogyne* spp. en algunos sistemas de cultivo (McSorley *et al.*, 1986; McSorley y Gallaher, 1991; Gallaher *et al.*, 1988).

Los resultados obtenidos en la Finca C resaltan la importancia del muestreo de nematodos antes del establecimiento de un cultivo; los mismos sugieren que en esta finca no era necesaria medida alguna para su combate; no obstante, al momento del transplante del tabaco fue aplicado un nematocida. El costo económico y los riesgos para la salud y el ambiente no eran necesarios en esta oportunidad. Si esta situación se repitiera en fincas con suelos franco arenosos y una secuencia de cultivos sorgo-tabaco, podría constituir una alternativa para reducir las densidades de J2 en los suelos de Repunta. Por otra parte, se podría afirmar que si bien las densidades de J2 en las Fincas A y B fueron altas en todas las profundidades, la ubicación profunda (31-60 cm) de las mayores densidades sugiere que en suelos franco arenosos, las actuales prácticas agronómicas podrían tener poco efecto sobre *M. incognita*, particularmente si se considera su capacidad de migrar verticalmente hasta 50 cm en un lapso de 5 a 9 días (Prot, 1978).

RESUMEN

Los cambios estacionales de la distribución vertical (0 a 75 cm de profundidad) de segundos estados juveniles de *Meloidogyne incognita* fueron estudiados durante 13 meses consecutivos en 3 fincas dedicadas a la producción de tabaco estufado, cv. Speight G-28, en Pérez Zeledón. Las densidades fluctuaron grandemente durante este período, dependiendo de la fenología de los cultivos. En general, las densidades fueron mayores al momento de la cosecha del maíz y particularmente del tabaco. También fueron mayores en todas las profundidades en los suelos franco-arenosos de Repunta que en el suelo franco/franco limoso de La Palma.

AGRADECIMIENTO

Los autores expresan su agradecimiento a la Republic Tobacco Company por el apoyo financiero otorgado a esta investigación.

LITERATURA CITADA

- BARKER, K.R.; IMBRIANI, J.L. 1984. Nematode advisory programs, status and prospects. *Plant Disease* 68:735-741.
- BARKER, K.R.; NUSBAUM, C.J. 1971. Diagnostic and advisory programs. *In Plant Parasitic Nematodes*, Vol I. Ed. by B.M. Zuckerman, W.F. Mai & R.A. Rhode, Academic Press, New York. p. 281-301.
- BRODIE, B.B. 1976. Vertical distribution of three nematode species in relation to certain soil properties. *Journal of Nematology* 8(3):243-247.
- DICKSON, D.W.; MCSORLEY, R. 1990. Interaction of three plant-parasitic nematodes on corn and soybean. *Journal of Nematology* 22(4):783-791.
- ESQUIVEL, A.; ESQUIVEL, M. 1993. Un nuevo barreno con martillo deslizando para estudios de distribución vertical de nematodos en el suelo. *Agronomía Costarricense* 17(1):99-101.
- GALLAHER, R.N.; DICKSON, D.W.; CORELLA, J.F.; HEWLETT, T.E. 1988. Tillage and multiple cropping systems and population dynamics of phytoparasitic nematodes. *Annals of Applied Nematology* 2:90-94.
- GOODELL, P.B. 1982. Soil sampling and processing for detection and quantification of nematode populations for ecological studies. *In Nematodes in soil ecosystems*. Ed. by D.W. Freckman. p. 178-198.
- JENKINS, W.R. 1964. A rapid centrifugal flotation technique for separating nematodes from soil. *Plant Disease Reporter* 48(9):692.
- JOHNSON, P.W.; MCKEEN, C.D. 1973. Vertical movement and distribution of *Meloidogyne incognita* (Nematoda) under tomato in a sandy loam green house soil. *Canadian Journal of Plant Science* 53:837-841.
- LOPEZ, R. 1978. Nematodos fitoparásitos asociados al cultivo del tabaco (*Nicotiana tabacum* L.) en Costa Rica. *Turrialba* 28(4):279-281.
- LOPEZ, R. 1981. Observaciones sobre la distribución espacial de *Meloidogyne incognita* después de la cosecha en dos plantíos de tabaco burley. *Turrialba* 31(1):11-14.
- LOPEZ, R. 1984. Differential plant responses and morphometrics of some *Meloidogyne* spp. from Costa Rica. *Turrialba* 34(4):445-458.
- LOPEZ, R. 1985. Variación de la densidad poblacional de segundos estadios juveniles de *Meloidogyne salasi* y *M. incognita* en el sureste de Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 9(2):115-119.
- LOPEZ, R.; CHARPENTIER, E.; MORALES, H.; GONZALEZ, M. 1992. Frecuencia, severidad y etiología de la enfermedad de los nódulos radicales del tabaco en Pérez Zeledón, Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 16(1):77-81.

- McSORLEY, R.; LAMBERTS, M.L.; PARRADO, J.L.; REYNOLDS, J.S. 1986. Reaction of sorghum cultivars and other cover crops to two races of *Meloidogyne incognita*. Soil and Crop Science Society of Florida Proceedings 46:141-143.
- McSORLEY, R.; GALLAHER, R.N. 1991. Nematode population changes and forage yields of six corn and sorghum cultivars. Journal of Nematology 23(4 Suppl):673-677.
- PINKERTON, J.N.; MOJTAHEDI, H.; SANTO, G.S.; O'BANNON, J.H. 1987. Vertical migration of *Meloidogyne chitwoodi* and *M. hapla* under controlled temperature. Journal of Nematology 19(2):152-157.
- PROT, J.C. 1978. Vertical migration of four natural populations of *Meloidogyne*. Revue de Nematologie 1(1):109-112.
- ROBERTSON, W.K.; HAMMOND, L.C.; JOHNSON J.T.; PRIME, G.M. 1979. Root distribution of corn, soybeans, peanuts, sorghum, and tobacco in fine sands. Soil and Crop Science Society of Florida Proceedings 38:54-59.
- SASSER, J.N. 1989. Plant parasitic nematodes: The farmer's hidden enemy. Department of Plant Pathology, North Carolina State University, and the Consortium for International Crop Protection. University Graphics, Raleigh, North Carolina. 115 p.
- SHEPHERD, J.A.; BARKER, K.R. 1990. Nematode parasites of tobacco. In plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture. Ed. by M. Luc, R.A. Sikoba and Bridge, Aberystwyth, V.K. CAB International Institute of Parasitology, Cambrian Printers p. 493-517.
- WALLACE, H.R. 1973. Nematode ecology and plant disease. New York. Crane, Russak and Company Inc. 228 p.