



Universidad Nacional de Nordeste

Facultad de Ciencias Agrarias

**Evaluación de la reacción de cultivares comerciales de
tomate a la agresión del nematodo del nudo de la raíz
(*Meloidogyne incognita*) en Corrientes.**

Tesista: Ing. Agr. Pablo I. Gauna

Director: Dr. Marcelo Doucet

2011

DEDICATORIA

A mi madre quien me inculcó el deseo de superación y me estimula permanentemente para continuar con mis estudios.

A mi esposa Leticia y a mis hijos Ignacio, Irina e Imanol por su comprensión, cariño e incondicional apoyo.

AGRADECIMIENTOS

A mi director Marcelo Doucet, por su dedicación al estudio de los nematodos que afectan a la producción.

A la Facultad de Ciencias Agrarias de Corrientes por brindarme la oportunidad de capacitación y formación al incorporar la Maestría en Producción Vegetal al plan de posgrado.

A los laboratorios de la EEA INTA Bella Vista por facilitarme los elementos necesarios para las observaciones y mediciones del ensayo.

A Eliseo Chaves y Guillermo Cap con quienes realicé las primeras prácticas que me motivaron para profundizar en esta especialidad.

A Antonio Ishikawa con quien comencé a trabajar en el tema “Nematodos” dentro del Grupo Horticultura Protegida de la EEA INTA Bella Vista.

INDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
INDICE GENERAL.....	IV
LISTA DE TABLAS.....	V
LISTA DE FIGURAS.....	VI
RESUMEN.....	VII
ABSTRACT.....	VIII
INTRODUCCION.....	1
Importancia del cultivo de tomate en Argentina.....	1
Importancia de nematodos del género <i>Meloidogyne</i>	4
Plantas con resistencia genética.....	8
Hipótesis planteada.....	14
OBJETIVO GENERAL.....	14
MATERIALES Y MÉTODOS.....	15
Material vegetal.....	15
Preparación del suelo.....	18
Nematodos.....	18
Inoculación.....	21
Evaluaciones.....	22
RESULTADOS Y DISCUSION.....	25
CONCLUSIONES.....	32
BIBLIOGRAFÍA.....	33

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Escala del grado de infección de *Meloidogyne* spp. (Taylor y Sasser, 1978) utilizada para la determinación del índice de masas de huevos.

Tabla 2. Evaluación de resistencia al nematodo del nudo de la raíz (Canto – Saenz, 1983) combinando el índice de masa de huevos con el factor “R” de reproducción.

Tabla 3. Cálculo de Días Grados por el método de la temperatura media.

Tabla 4. Recuento de agallas y masas de huevos en distintos cultivares al final de la experiencia.

Tabla 5. Peso fresco y seco de la parte aérea y peso fresco de las raíces en los distintos cultivares.

Tabla 6. Altura de plantas y diámetro de tallo (cm) medidos en todos los cultivares a 60 días del trasplante

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo de vida del nematodo del nudo de raíz.

Figura 2. Esquema de una agalla causada por el nematodo del nudo de la raíz.

Figura 3. Raíces de tomate observadas a 25 días del trasplante.

Figura 4. Raíz de tomate con agallas ocasionadas por *Meloidogyne incognita* extraída al final del cultivo en Lavalle (Corrientes).

Figura 5. Esquema del desarrollo de la experiencia en los invernaderos utilizados.

Figura 6. Foto y diseño del patrón perineal de *Meloidogyne incognita*.

.

Figura 7. Recipiente plástico conteniendo macetas con plantas de tomate.

Figura 8. Temperaturas diarias en el invernadero durante los días de mediciones.

Figura 9. Raíz de planta susceptible infectada.

RESUMEN

Varias especies de nematodos del género *Meloidogyne* son plagas importantes en tomate de invernadero. El uso de cultivares resistentes es una estrategia de control que integra el conjunto de medidas utilizadas en la producción comercial. Se evaluaron cuatro cultivares comerciales de tomate con el gen *Mi* de resistencia (Kartier, Badro, Biguá y Río Grande Híbrido) y un cultivar susceptible (Belle) frente a una población de *M. incognita* en Bella Vista, Corrientes (Argentina). El trasplante se realizó en macetas con suelo desinfectado por solarización. Cada maceta se inoculó con 1000 J2; a los 60 días se evaluó presencia de agallas y masas de huevos. En los cultivares resistentes no se observaron agallas; en cambio en el susceptible, los registros promedios fueron elevados. Los valores de: peso de la parte aérea, peso fresco de raíces, crecimiento de la planta y diámetro del tallo de las plantas, no mostraron diferencia debido a la presencia de nematodos durante el tiempo de la experiencia. La suma de 500 Días Grados necesarios para completar un ciclo de vida se alcanzó a los 56 días. El número de agallas y masas de huevos fueron más concluyentes que los parámetros de crecimiento (peso de la planta, altura y diámetro del tallo) para definir el grado de susceptibilidad y resistencia. Los tomates resistentes inoculados experimentalmente con el nematodo, se comportaron como tales. El uso de la resistencia genética es una estrategia efectiva de control en el área de producción estudiado.

Palabras clave: Tomate, *Meloidogyne incognita*, Resistencia *Mi*, Temperatura, Cultivares comerciales

ABSTRACT

The root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.) is an important pests of tomato grown in greenhouses. The use of resistant cultivars is a control strategy that integrate the measures used in commercial production. The behavior of four commercial tomato cultivars with *Mi* resistant gene (Kartier, Badro, Biguá y Río Grande Híbrido) and a susceptible cultivar (Belle) were evaluated using a *M. incognita* population in Bella Vista, Corrientes (Argentina). Transplant was performed in pots with soil disinfected by solarization. Each pot was inoculated with 1000 J2; sixty days after, the presence of galls and egg masses, were measured and the multiplication was estimated using the reproduction factor and the egg masses index. Neither galls nor egg masses were observed in resistant cultivars; at the susceptible one however, the nematodes did reproduce. Plant weight, plant growth and stem diameter were not affected by the nematode presence: plants with root knot showed the highest growth. The addition of 500 Degree Days needed to complete the nematode life cycle were accumulated in 56 days. The number of galls and the number and egg masses were better than the growth parameters fresh and dry plant weight, plant height and stem diameter to define resistance or susceptibility degree. The population of *M. incognita* did not affect to the resistance conferred by the *Mi* gene to the evaluated cultivars. The hypothesis was fulfilled: tomato resistant cultivars experimentally infected with nematodes, were not infected and they can continue to be used. The use of nematode resistant cultivars is an effective control strategy in the production area studied.

Keywords: Tomato, *Meloidogyne incognita*, *Mi* resistance, Temperature, Commercial cultivars.

INTRODUCCIÓN

Importancia del cultivo de tomate en Argentina

Zonas destinadas al cultivo y producción

El tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) es una de las hortalizas de mayor importancia en Argentina debido a su consumo (16 kilos por persona/año), a su valor económico y a la superficie dedicada al cultivo (0,6% del total mundial). Se produce un volumen de 120.398 toneladas anuales (año 2010) en las provincias de Buenos Aires (33.4%), Corrientes (22.7%) y Salta (18.2%) en las que se encuentran las principales zonas de cultivo. Después de la papa, ocupa el segundo lugar de comercialización en el Mercado Central de Buenos Aires (Nakama y Liverotti, 2010).

En Corrientes existen 900 hectáreas de tomate bajo cubierta. Los primeros 15 invernaderos que se construyeron surgieron de la adaptación de estructuras de cañas para secar tabaco, sobre los cuales se colocó un polietileno y fueron utilizados en época invernal para la producción de tomate. Representa el 63,9% de las hortalizas cultivadas bajo invernadero en la provincia.

El manejo actual incluye fertilización, riego por goteo, desbrote y tutorado; el cultivo se caracteriza por un largo período de cosecha que abarca gran parte del año (14 a 16 racimos por planta) y se obtienen rendimientos de 120 a 180 toneladas por hectárea (Fernández Lozano, 2005).

Las condiciones ambientales, con inviernos cortos y suaves, determinan que la zona ribereña del Río Paraná sea una de las regiones del país con menor riesgo climático para el desarrollo de la horticultura bajo invernadero (Lenschak y Mansutti, 2009). El tipo de suelo, arenoso, facilita su preparación poco tiempo antes del trasplante.

La prolongación de las cosechas está condicionada por el precio del tomate en el mercado; si este es muy favorable, la tendencia es continuar más tiempo. Esta época coincide con malas condiciones ambientales para el tomate (alta temperatura y humedad, típicos de noviembre-diciembre), aspectos que influyen en problemas sanitarios limitantes de la producción.

Problemas sanitarios que afectan al cultivo en el mundo

Hongos

- a) del suelo: los géneros *Phytophthora*, *Pythium*, *Rhizoctonia* y *Sclerotium* son los causantes del mal de los almácigos así como los responsables de la pudrición de raíz y cuello en plantas grandes (común a la mayoría de los cultivos hortícolas) (Jones *et al.*, 1991). En ataques durante el almácigo causan lesiones en el cuello que provocan la muerte de las plántulas.
- b) de la parte aérea: el tizón temprano producido por *Alternaria solani* (Ell. and Mart.) Jones and Grout, moho de las hojas causado por *Fulvia fulva* (Cooke) y oidio ocasionado por *Leveillula taurina* (Lév.) son considerados los más importantes (Colombo, 2003). *Sclerotinia sclerotiorum* afecta al tallo principal y rápidamente puede debilitar la planta entera.

Bacterias

Ralstonia solanacearum es responsable del marchitamiento bacteriano del tomate que comienza en el ápice de la planta. La presencia de esta enfermedad se confirma cuando las raíces sumergidas en agua durante una hora producen un exudado bacteriano lechoso. *Clavibacter michiganensis* subs. *michiganensis* es el agente

causal del cancro bacteriano del tomate que se destaca por su relevancia económica y por su difícil erradicación (Colombo *et al.*, 2008).

Insectos

- a) Vectores: Trips *Frankliniella schultzei* (Trybom); pulgón *Myzus persicae* (Sulzer) y mosca blanca *Bemisia tabaci* (Gennadius) son eficientes transmisores de severas virosis que afectan la producción. Ej.: begomovirus transmitidos por *Bemisia tabaci* (Vaghi Medina *et al.*, 2010).
- b) Polilla del tomate: *Tuta absoluta* (Meyrick) cuyas larvas pueden llegar a secar toda la planta afectada (Cáceres *et al.*, 2010).

Malezas

Portulaca oleracea, *Chenopodium album*, *Cyperus rotundus* y *Commelina* spp. son frecuentes competidoras por agua, nutrientes, espacio y luz. *Amaranthus quitensis* (Kunth), *Kochia scoparia* (L.), *Salsola kali* (L.), *Anoda cristata* (L.) y *Xanthium spinosum* (L.) constituyen además eficientes hospedantes alternativos de nematodos formadores de agallas (Doucet, 1993).

Nematodos

La mayoría de los nematodos parásitos de plantas que causan pérdidas económicas son del orden Tylenchida. Los géneros: *Meloidogyne* y *Nacobbus* tienen mayor importancia, ambos producen agallas que pueden ocasionar severas alteraciones en las raíces. Algunas especies de los géneros *Longidorus* y *Xiphinema* transmiten virus (Jones *et al.*, 1991).

Las pérdidas anuales a escala mundial son del 20,6 % en el cultivo de tomate (Netscher y Sikora, 1990) y de 24 a 38% en zonas tropicales (Sikora y Fernandez, 2005). Esos valores se incrementan hasta un 50% - 80% cuando el nematodo del nudo de la raíz (*Meloidogyne* spp.) no es controlado (Sogut *et al.*, 2008).

En las principales zonas argentinas productoras de hortalizas, están presentes varias especies perjudiciales. En Buenos Aires se encuentran: *Nacobbus aberrans* (Thorne) Thorne & Allen, *Meloidogyne incognita* (Kaufoid and White) Chitwood, *M. hapla* Chitwood, *M. javanica* (Treub) Chitwood y *M. arenaria* (Neal) Chitwood; en Corrientes y en el Noroeste del país se detectan *M. incognita* y *M. javanica*. Las pérdidas producidas por estas especies son considerables; se estima que en invernaderos de Mar del Plata oscilan entre el 10% y el 40 % (Adlercreutz *et al.*, 2008). En Corrientes no se midió pérdidas de rendimiento ocasionadas por nematodos.

Importancia de nematodos del género *Meloidogyne*

Las especies de este género son causantes de daños en raíces; en conjunto, atacan a más de dos mil especies de plantas (Agrios, 2005), ocasionando pérdidas de producción de alrededor del 14% (Mitkowski y Abawi, 2011).

Poseen una amplia distribución geográfica en regiones templadas y tropicales en un rango de latitudes comprendidas entre 40° N y 33° S. *M. incognita* es muy patogénica en cultivos de valor comercial como: arroz, maíz, papa, soja, banana, batata, tomate, jam, tabaco, café, caña de azúcar, remolacha azucarera y algodón (Lamberti, 1997).

Las cuatro especies más frecuentes (*M. arenaria*, *M. incognita*, *M. hapla* y *M. javanica*) encuentran en el tomate un excelente hospedador.

En el país se mencionan sobre tomate a: *M. acrita*, *M. arenaria*, *M. arenaria* R-2, *M. incognita*, *M. incognita* R-I, *M. hapla*, *M. javanica* y poblaciones de *Meloidogyne* sp. (Doucet, 1993, 1999). También se citó por primera vez la asociación con la especie *M. ottersoni* (Thorne) Franklin en Río Negro (Doucet *et al.*, 1996). En Corrientes, se citó el género *Meloidogyne* en tomate sin determinar la especie correspondiente (Ishikawa *et al.*, 2004), (Gauna *et al.*, 2005).

Alteraciones ocasionadas

La presencia de *Meloidogyne* da como resultado la aparición de agallas radicales, provocando serias alteraciones histológicas en sus tejidos (Hussey, 1989; Shurtleff y Averre, 2005). A nivel fisiológico los nematodos remueven nutrientes de la planta y retardan el crecimiento de raíces. Todos estos cambios contribuyen a la disminución de la producción (Hussey, 1985).

Como consecuencia del avance de la patología, la raíz afectada pierde en parte su capacidad de absorción de agua y nutrientes. La planta detiene el crecimiento; puede lucir con signos de marchitez en horas de mayor temperatura e incrementar la susceptibilidad a otros patógenos (Shurtleff y Averre, 2005).

Ciclo de vida

Consta de cinco estadios separados por cuatro mudas. Se origina a partir de huevos inmersos en una matriz mucilaginosa.

De la eclosión del huevo, emerge la larva infectante (de segundo estadio o J2) que penetrará en una raíz. Posteriormente, la larva migra intercelularmente en el tejido cortical y se dirige a proximidad de los tejidos vasculares en donde se inmoviliza y

comienza a alimentarse del citoplasma de las células del parénquima, perforando las paredes con ayuda de su estilete.

El nematodo sufre una serie de cambios morfológicos. De la forma filiforme pasa a los estadios larvales J3 y J4 hasta transformarse en adulto que, en el caso de las hembras, adquiere forma globosa.

Como los estados de desarrollo J3 y J4 y la hembra están presentes únicamente en el tejido del hospedante, solamente los machos y J2 pueden encontrarse en el suelo.

La hembra produce huevos en una masa gelatinosa que queda en contacto con el suelo (Fig. 1).

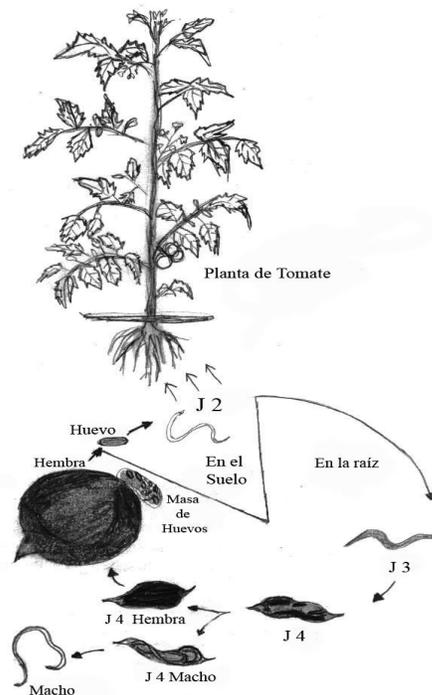


Fig. 1. Ciclo de vida del nematodo del nudo de la raíz.

La presencia del nematodo ocasiona hiperplasia e hipertrofia celular en los tejidos de la raíz parasitada. En conjunto, generan la agalla que caracteriza a las especies del género (Fig. 2).

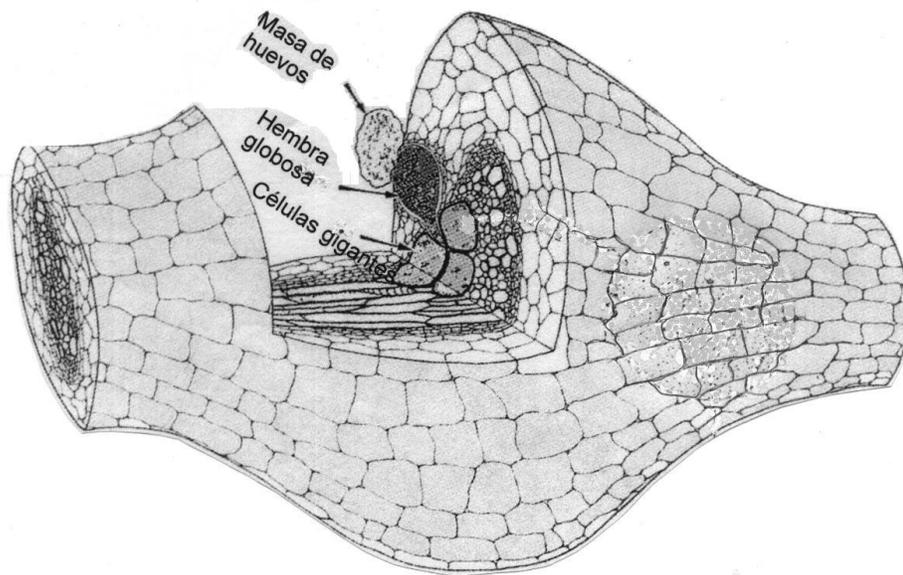


Fig. 2. Esquema de una agalla causada por el nematodo del nudo de la raíz.
(Modificado de A. F. Bird, 1961).

Estrategias de control

Para reducir el daño provocado por el nematodo del nudo, se emplean estrategias de control utilizando métodos químicos, culturales y biológicos. Los primeros incluyen fumigantes de suelo (bromuro de metilo, metam sodio, metam potasio, dazomet, ioduro de metilo o dimetil disulfuro) antes de la plantación y nematicidas (carbamatos o fosforados) que se pueden aplicar con el cultivo implantado. Entre los segundos se pueden mencionar: descanso del suelo (sin plantas), rotación de cultivo, incorporación de materia orgánica, plantación en la época indicada (evitar siembras fuera de estación), uso de resistencia genética, utilización de plantas trampas y eliminación de malezas. Los terceros incluyen la acción de

antagonistas naturales (microorganismos del suelo) como así también el uso de vegetales productores de sustancias químicas que tienen efectos negativos sobre los nematodos (plantas antagónicas); ej. *Tagetes* spp. (Djian- Caporalino *et al.*, 2004).

Plantas con resistencia genética

El término “resistencia” es utilizado para describir el efecto de la planta sobre la reproducción del nematodo. Una planta resistente permite poca o ninguna multiplicación del nematodo mientras que una planta susceptible permite un elevado aumento del mismo (Ferris *et al.*, 1992).

La utilización de este procedimiento representa una estrategia no contaminante porque evita el uso de agroquímicos y es efectiva para mejorar el rendimiento, cuando la densidad de población del nematodo excede el nivel de daño económico (Starr *et al.*, 2002). Los cultivares resistentes de tomate, comparados con los cultivares susceptibles, inhiben la reproducción del patógeno e incrementan la productividad al mejorar la absorción del agua y los nutrientes generando frutos de mayor tamaño (Philis and Vakis, 1977; Cook and Evans, 1987; Rich and Olson, 2004; Roberts, 2002). Su uso es útil en sistemas de rotación precedido por cultivos susceptibles (Hanna *et al.*, 1993; Ornat *et al.*, 1997; Talavera *et al.*, 2009).

Además, es compatible con estrategias de manejo integrado de plagas y cultivos orgánicos. La elección de cultivares que resisten es una decisión fácil y conveniente para el productor (Lamberti, 1997) y representa una alternativa al bromuro de metilo y a otros desinfectantes de suelo (Besri, 2000; Sorribas *et al.*, 2005).

En tomate, el gen *Mi* inhibe la reproducción de: “*M. arenaria*, *M. incognita* y *M. javanica*”, pero no de *M. hapla* (Brown *et al.*, 1997). La limitación más importante de

la resistencia es que se expresa sólo cuando la temperatura del suelo está por debajo de 28 °C. Si se excede este umbral máximo, los nematodos se reproducen de manera similar tanto en cultivares resistentes como susceptibles (Dropkin, 1969). Se necesitan valores diarios superiores a 28 °C durante 12 horas continuas para la pérdida de resistencia (Dropkin, 1969).

Se han observado diferencias en la eficacia de algunos cultivares en el control de poblaciones de nematodos (Netscher, 1976; Roberts and Thomason, 1989; Tzortzakakis *et al.*, 1998; Sorribas and Verdejo-Lucas, 1998). En un estudio de la influencia de los alelos homocigotos (*MiMi*), heterocigotos (*Mimi*) y la variación de la reproducción del nematodo utilizando distintas líneas de *M. incognita*, se emplearon 6 líneas *Mi/Mi*, 8 híbridos *Mi/mi*, "Saint Pierre" (susceptible) y "Piersol" (resistente) como testigos. Las evaluaciones de la tasa de reproducción, 8 semanas después de las inoculaciones (25 larvas J2 en 50 cc de suelo en cámaras a 20 °C), fueron significativamente más alta en los genotipos *Mi/mi* que en los *Mi/Mi*. Estos resultados de los alelos homocigotos son importantes para definir estrategias de mejoramiento y durabilidad conferida por el gen *Mi* (Jaquet *et al.*, 2005). Los cultivares homocigotas podrían suprimir la reproducción de nematodos más eficientemente que cultivares heterocigotas, tales diferencias se podrían atribuir a que el homocigota posee dos copias del alelo del gen *Mi* y en los heterocigotas (como la mayoría de los cultivares comerciales F1) hay un simple gen *Mi* dominante (Tzortzakakis *et al.*, 1998; Jaquet *et al.*, 2005).

Las diferencias de eficacia han sido por lo general atribuidas a la alta variabilidad genética inter e intra-específica existente en el género *Meloidogyne*. En general las poblaciones de *M. javanica* tuvieron mayor capacidad de reproducción que las poblaciones de *M. incognita* y *arenaria* (Roberts and Thomason, 1989; Sorribas and Verdejo-Lucas, 1999; Tzortzakakis and Gowen, 1996; Eddaoudi *et al.*, 1997;

Tzortzakakis *et al.*, 1998). También hay variaciones en función del genotipo del tomate receptor del gen *Mi* y de la frecuencia de segregantes genéticos para el carácter analizado por lo que se pueden obtener cultivares de tomate que expresan rangos intermedios de resistencia (Sorribas y Verdejo Lucas, 1999). Eso explica la importancia de caracterizar la reacción de los cultivares resistentes de tomates a poblaciones locales del nematodo para verificar su grado de resistencia frente a las mismas.

Un estudio realizado con *M. incognita* corroboró que la infección de una célula de la planta por nematodos consiste en la expresión diferencial de más de 3.000 genes en comparación con los de una célula no infectada, destacando la gran variedad de los mecanismos celulares asociados a la respuesta de una planta resistente *Mi* o a la carga genética de los cultivares, aspectos importantes en la interacción planta-nematodo (Jammes *et al.*, 2005).

Las primeras evidencias de reacción a nematodos fueron encontradas en el tomate silvestre *Lycopersicon peruvianum* L. que fue cruzado con *L. esculentum* L.; su descendencia se multiplicó por técnicas de cultivo de embriones para incorporarla a cultivares comerciales.

Importancia de la temperatura

La temperatura es uno de los factores ambientales más importantes que afecta la respuesta de la planta a la agresión de *Meloidogyne* spp. Influye en la supervivencia, distribución, embriogénesis y eclosión de huevos, migración, penetración y desarrollo del nematodo como también en la expresión de síntomas en la planta. El ciclo de la especie dura 56 días a 14°C de temperatura media y 21 días a 26°C (Milne y Du Plessis, 1964). Estudios realizados en Cuba mostraron que *M. incognita* se desarrolla en 21 días con 24°C y en 48 días con 16,9°C (Rodríguez

Fuentes, 1984). Además, con altas temperaturas los vegetales son buenos hospedantes de nematodos porque el estrés causado por las mismas las hace más vulnerables al ataque y los responsables químicos de la reacción de hipersensibilidad no se producen (Canto Saénz, 1985).

Edad de las plantas

La manera en que los nematodos afectan al crecimiento de plantas susceptibles y resistentes es influenciada por la edad en la cual son infectadas (Canto Saénz, 1983).

Las raíces jóvenes atraen a los juveniles J2 que ingresan en tejidos nuevos. Cuando esto ocurre, el desarrollo del ápice de las raíces se detiene lo que da lugar a la reducción del volumen del sistema radical. Poco tiempo después del trasplante, la infección puede ser tan severa que la planta no prospera (Fig. 3).



Fig. 3. Raíces de tomate observadas 25 días después del trasplante.

Otras circunstancias que afectan la resistencia

Cuando el tomate portador del gen *Mi* se planta en el mismo suelo infectado en campañas sucesivas, puede ocurrir una selección de nematodos más virulentos. En otras palabras, el vigor de los tomates decrece cuando se incrementa la frecuencia de cultivo en el mismo lugar (fig. 4).

Ante la pérdida de resistencia, las investigaciones se orientaron hacia la búsqueda de nuevas fuentes y se exploraron otros genes con diferentes propiedades en *L. peruvianum* (*Mi-2* al *Mi-9*). Algunos ejemplos que se pueden citar son el hallazgo del *Mi-3* que confiere tolerancia a varios aislados como el *Mi* virulento *557R* y el *Mi-5*, frente a *M. incognita* y *M. javanica* a 32 °C (Williamson, 1998). Las estrategias para el mejor uso del *Mi* y de otros genes aún necesitan ser desarrolladas. Se discute si varias fuentes de resistencia en cultivares selectos puede ser una solución o por el contrario puede promover la diseminación de nematodos más agresivos (Williamson, 1998).



Fig. 4 Raíz de tomate con agallas ocasionadas por *Meloidogyne incognita* extraída al final del cultivo en Lavalle (Corrientes).

En España se evaluó la capacidad de infección de poblaciones de *M. incognita*, *M. javanica* y *M. arenaria* en invernadero utilizando 5 cultivares resistentes y el cultivar “Precodor” como testigo susceptible; la inoculación se realizó con 1000 huevos por 500 cc de suelo (temperatura entre 19 a 27°C y 22°C de promedio) y la evaluación siete semanas después mostró que las poblaciones de *M. incognita* y *M. arenaria* no se multiplicaron en los 5 cultivares resistentes y las de *M. javanica* se reprodujeron en forma variable y significativa (Sorribas y Verdejo-Lucas, 1999).

En Canarias se inocularon 6 cultivares con *M. incognita* y *M. javanica* y todos presentaron masas de huevos después de 60 días de inoculación (Rodríguez y Rodríguez, 1991).

Las publicaciones de Argentina en estudios básicos y aplicados de biología, control químico, relaciones huésped-parásito, manejo y estimaciones de pérdida del género *Meloidogyne* son escasas. La mayoría de los trabajos son de relevamiento de especies, lo que sugiere la necesidad de investigar sobre los temas citados (Doucet y Pinochet, 1992).

HIPOTESIS PLANTEADA

La producción de tomates resistentes en invernaderos contaminados con una población local de *Meloidogyne incognita* es factible en un período del año durante el cual no se superen temperaturas críticas que rompan la resistencia de las plantas.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar la reacción de plantas de tomates resistentes y susceptibles a la infección de una población de *M. incognita* en condiciones de invernadero en Corrientes.

Objetivos específicos

Determinar la incidencia de la temperatura del invernadero durante el ensayo sobre la resistencia en cultivares de tomate con gen *Mi*.

Caracterizar la reacción de cuatro cultivares de tomate resistentes y uno susceptible a la agresión de una población local de *Meloidogyne incognita* bajo condiciones de invernadero.

Estimar la influencia del nematodo sobre el peso fresco y seco de la parte aérea, peso fresco de raíces, altura de la planta y diámetro del tallo en plantas resistentes y susceptibles.

MATERIALES Y MÉTODOS

La experiencia se realizó en la Estación Experimental Agropecuaria del INTA Bella Vista, ubicada sobre Ruta Provincial N° 27, en la Colonia 3 de Abril del Departamento Bella Vista, Provincia de Corrientes. Está situada a 28° 26' de Latitud Sur y 58° 55' de Longitud Oeste y a 70 m sobre el nivel del mar.

Material vegetal

Se utilizaron cultivares de tomate comercializados como resistentes con gen *Mi* (Kartier, Badro, Biguá y Río Grande Híbrido) y un cultivar susceptible como testigo (Belle) durante el año 2007 (Tabla 2).

Las semillas de cada cultivar se sembraron en bandejas con sustratos inertes de turba esterilizada y cáscara de arroz carbonizada.

Transcurridos treinta días, los plantines alcanzaron el estadio de tres hojas verdaderas y fueron trasplantados en macetas plásticas de cinco litros de capacidad, conteniendo suelo desinfectado por solarización.

Resistencias en los cultivares de tomate

Kartier (Alliance). Resistencias: Nematodos (N), *Verticillium* (V), *Fusarium oxysporum* (F2), *Fulvia fulva* (Ff a-e), Mosaico del tabaco (TMV).

Badro (Enza Zaden). Resistencias: Nematodos (N), *Verticillium* (V), *Fusarium oxysporum* (F2), *Fusarium radialis* (Fr), *Cladosporium* 5 razas (C5), Mosaico del tabaco (TMV), Peste negra (TSWV),

Biguá (De Ruiters). Resistencias: Nematodos (N), *Verticillium albo-atrum* (Va), *Verticillium dahliae* (Vd), *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* (Fol 0 y Fol 0, 1), Tomate

Fulvia fulva ex *Cladosporium fulvum* (Ff: 1-5 ó C5), Mosaic Virus (ToMV). Tolerancias: *Phytophthora infestans* (Pi), *Pyrenochaeta lycopersici* (Pl).

Río Grande Híbrido (Seminis). Resistencias: Nematodos (N), *Verticillium* (V), *Fusarium* (F1 + 2), *Stemphylium* (S), Cáncer del tallo (Asc) y peca bacteriana.

Belle (Enza Zaden). Resistencias: *Verticillium* (V), *Fusarium oxisporum* (F2), Mosaico del tabaco (TMV).

Etapas del experimento

Para el desarrollo del trabajo se usaron 3 invernaderos: el Invernadero1 (en donde se mantuvieron las plantas con la población de nematodos utilizados); el Invernadero 2 (en donde se desinfectó el suelo por solarización); Invernadero 3 (en el que se mantuvieron los tratamientos durante 60 días) (Fig. 5).

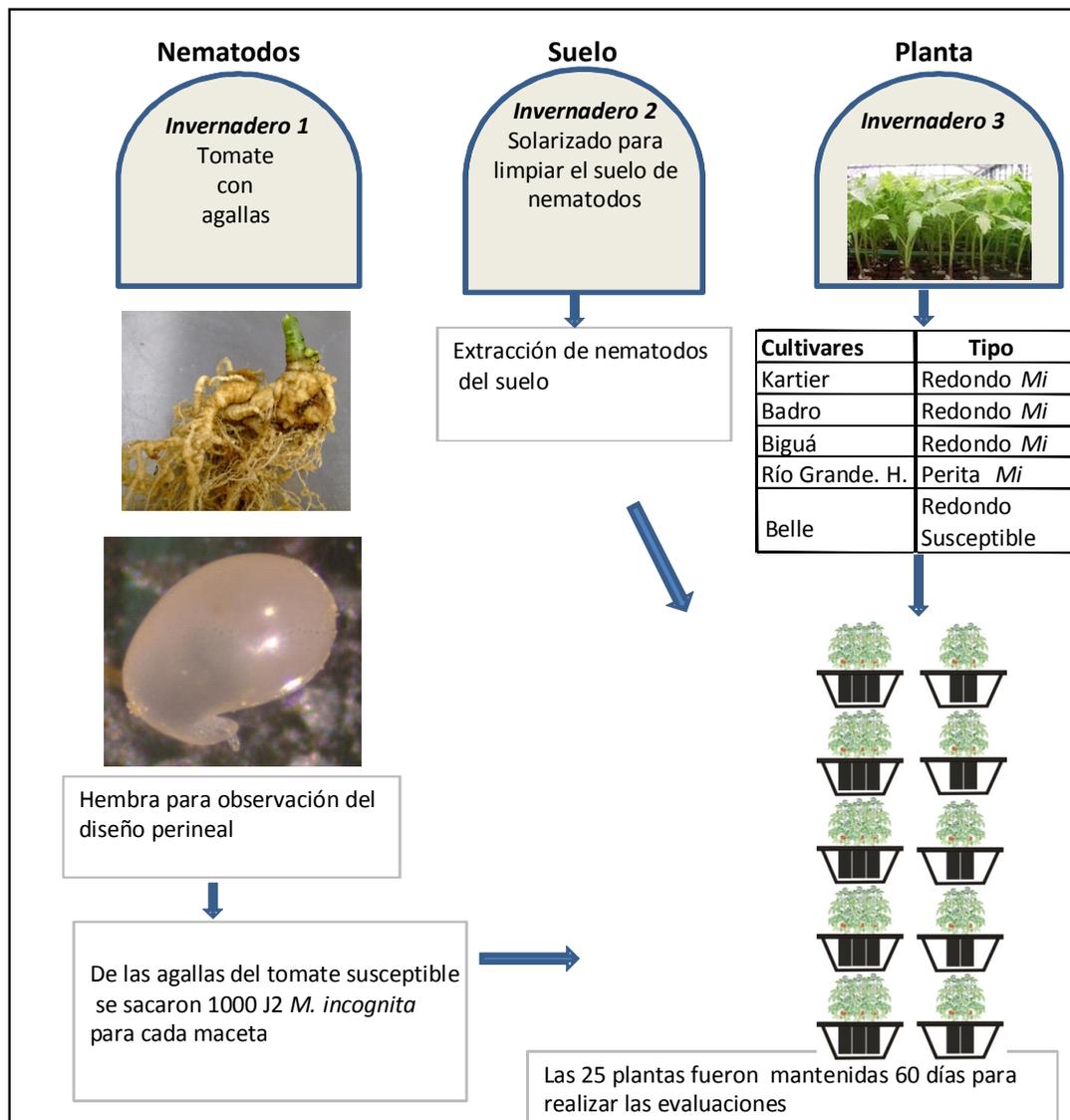


Fig. 5. Esquema del desarrollo de la experiencia en los invernaderos utilizados

Preparación del suelo

En un invernadero al que se denominó N°2 (Fig. 5) con tipo de suelo perteneciente a la Serie Yataití Calle (Udipsamientos árgico arenosa, mixta), de acuerdo al mapa de suelos de Corrientes (Escobar *et al.*, 1996), se procedió a extender sobre un plástico el material de los primeros diez centímetros de profundidad

y luego se regó hasta capacidad de campo. Posteriormente se cubrió el suelo húmedo con otro plástico transparente de cincuenta micrones de espesor y se solarizó durante los meses de Enero y Febrero.

La temperatura máxima alcanzada por la técnica de solarización fue de 62°C. Se midió en 10 puntos equidistantes con termómetro manual y los valores fueron uniformes entre las 14 a 15 hs.

Considerando que los antecedentes indican que a los 60°C los nematodos se eliminan (Stapleton *et al*, 2001), se finalizó el proceso a los dos meses. Para verificar el éxito del método, se levantó el plástico superior y se extrajo una muestra compuesta de suelo que fue sometida a análisis y se corroboró la ausencia de nematodos.

Nematodos

Las raíces (infectadas con nematodos) se obtuvieron de tomate variedad Coloso con Resistencia a: Nematodos (N), *Verticillium* (V), *Fusarium oxisporum* (raza 1 y 2), Virus del Mosaico del tabaco (TMV), *Stemphiliium* (ST) y *Alternaria Stern Cancker* (ASC), plantado durante varias campañas consecutivas en el mismo invernadero (N° 1). Esta infección se debería a las condiciones ambientales (sobre todo alta temperatura en meses de verano) imperantes bajo invernadero en Corrientes. De las agallas encontradas, se separaron J2 para la inoculación en varias plantas de tomate susceptible (Río Grande) con el objeto de aumentar el número de nematodos. Al cabo de 60 días, se formaron las agallas en las raíces del tomate susceptible y a partir de ellas, se separaron hembras para determinar la especie por análisis de su diseño perineal.

Reconocimiento de la especie de nematodo

Los métodos de identificación más nuevos y rápidos son: electroforesis con isoenzima estearasa, PCR, análisis de metil esteres de ácidos grasos con los que se describieron algunas especies de *Meloidogyne*. Para conocer la especie presente se observaron con microscopio óptico, los diseños perineales de veinte hembras extraídas de raíces de tomate que crecían en ese suelo. Se reconoció a *M. incognita* por la forma ovalada, el arco dorsal alto e irregular con líneas onduladas muy próximas entre sí, la parte interior del arco por encima del ano marcada por numerosas estrías en zigzag (Fig. 6) (Eisenback, 1985).

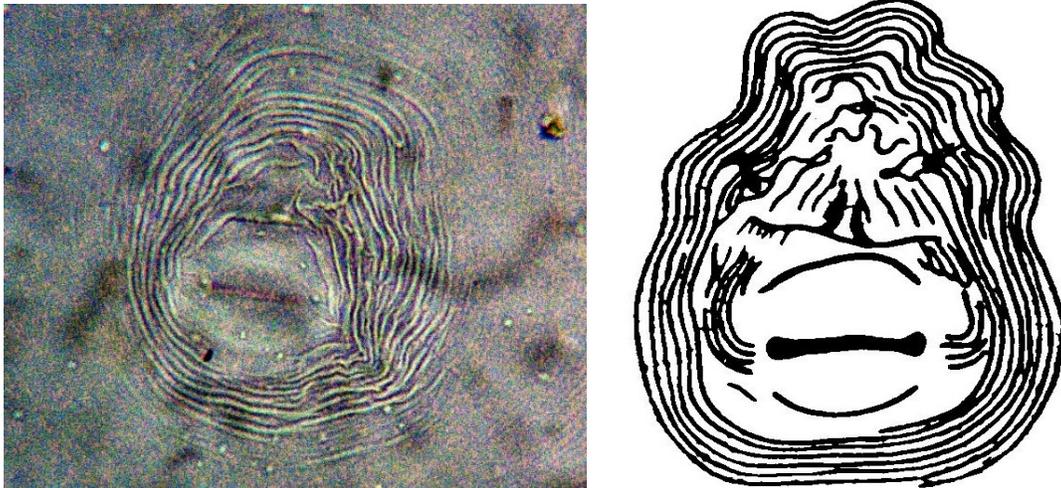


Fig. 6. Foto y diseño perineal de *Meloidogyne incognita*.

Obtención del inóculo (nematodos)

Transcurridos 60 días se descalzaron las raíces; las masas de huevos fueron separadas y sumergidas en una solución de hipoclorito de sodio al 0,5% durante 5 minutos (Barker, 1985) para eliminar la matriz mucilaginosa que los retenía. La solución fue filtrada a través de un tamiz de 25 micrones con el objeto de retener los huevos, los cuales se transfirieron a cápsulas de Petri con agua corriente. Luego de permanecer 24 hs, de los huevos emergieron larvas (J2) que para la especie representan el estadio infectante.

Se llevaron a un vaso de precipitado con 200 cc de agua. De esta solución se tomaron alícuotas de 1 ml para hacer recuentos bajo microscopio. Cuando se alcanzaron valores de 100 individuos/ml se procedió a la inoculación.

Distribución de plantines

Los plantines obtenidos según se mencionó anteriormente fueron transplantados en el invernadero N° 3, uno por cada maceta de 5 litros con suelo desinfectado, en un diseño completamente al azar con 5 repeticiones. Las macetas de color negro se dispusieron en recipientes plásticos donde se mantuvieron durante toda la experiencia para separarlas del suelo del invernadero (Fig. 7).



Fig.7. Recipiente plástico conteniendo las macetas con plantas de tomate.

Inoculación

Cada maceta se inoculó con 10 ml de agua corriente conteniendo 1000 J2; el líquido se depositó en el suelo en dos orificios de 5 cm de profundidad a 5 cm del tallo de la planta; posteriormente los agujeros se taparon con el mismo suelo. Se procedió de la misma manera para cada cultivar y sus repeticiones.

Cuidados de las plantas. Mantenimiento

Las plantas se regaron con agua 2 ó 3 veces por semana al principio y diariamente cuando aumentaron de tamaño.

Para protegerlas de insectos y del hongo *Alternaria solani* se pulverizó el follaje con Lambdaialothrina 22.8% (50 cc/hl) una vez y con Clorotalonil 50% (300 cc/hl), la segunda vez, productos sin efecto nematicida, de aplicación foliar.

Evaluaciones

Infecciones

Análisis de raíces: para determinar la presencia de agallas en el sistema radical de cada planta, a los 60 días del trasplante se cortaron en trozos de 2 cm de longitud y se realizó el recuento de agallas con lupa binocular (Iroscope modelo YZ-6) de 30x según el método de Coolen & D'Herde (1972).

Eficiencia del huésped y cálculo del potencial reproductivo del nematodo

La eficiencia del huésped se evaluó teniendo en cuenta la cantidad de masas de huevos encontradas en cada sistema radical.

El potencial de reproducción del nematodo se calculó considerando el cociente entre la población final: P_f (que surge del recuento realizado en cada análisis de suelo a los 60 días) y la población inicial: P_i (incorporada en la inoculación), de donde surge el factor R . En base a lo propuesto por Taylor y Sasser (1978) (Tabla 1), se obtuvo el

índice de masas de huevos (Imh). Con este índice y el factor R se calculó el grado de resistencia (Canto Sáenz, 1983; Ornat *et al*, 2001) (Tabla 2).

Tabla 1. Escala del grado de infección de *M. incognita* utilizada para el cálculo del índice de masas de huevos.

CANTIDAD DE MASAS DE HUEVOS	ÍNDICE MASAS DE HUEVOS
0	0
1- 2	1
3 – 10	2
11 – 30	3
31 – 100	4
100 +	5

Tabla 2. Evaluación de resistencia al nematodo del nudo de la raíz combinando el índice de masa de huevos con el factor de reproducción.

ÍNDICE MASAS DE HUEVOS	FACTOR “R”	GRADO DE RESISTENCIA
0 a 2	0 a 1	Resistente
0 a 2	> 1	Tolerante
> 2	> 1	Susceptible

Temperatura

La temperatura ambiente se midió cada hora con un sensor (Tecmes TS 2002/TS 2621-TR) dispuesto en el invernadero, ubicado a la altura de las macetas que contenían las plantas.

Se registró la temperatura máxima y mínima diaria durante el ensayo (Fig. 9).

Simultáneamente se calcularon los Días Grados por el método de la temperatura media (Wang, 1960).

Cultivares

Peso de la planta

Parte aérea: 60 días después de la inoculación, se separó la parte aérea para registrar su peso. Posteriormente, el material vegetal fue colocado, envuelto en papel de diario, en estufa a 100 °C hasta peso constante (12 horas de exposición) para determinación de peso seco.

Raíces: se lavaron, se pesaron y se cortaron en trozos. Para el recuento de las agallas se observaron con lupa binocular, razón por la cual no se secaron.

Altura de la planta y diámetro del tallo

Finalizada la experiencia, se midió en cada planta, la altura y el diámetro del tallo a 5 cm del suelo.

Análisis estadístico

Para el análisis de las variables se usó el software estadístico Infostat (Di Rienzo *et al.*, 2005). Los datos se sometieron al análisis de varianza y las medias se compararon con el test de Tuckey al 5%.

Los valores de peso fresco y seco (parte aérea) y peso fresco (raíces) se transformaron mediante logaritmo (Log_{10}) con el fin de normalizar su distribución. La normalización se comprobó con un diagrama de dispersión Q-Q plot normal donde los valores se alinearon sobre una recta a 45°.

RESULTADOS Y DISCUSION

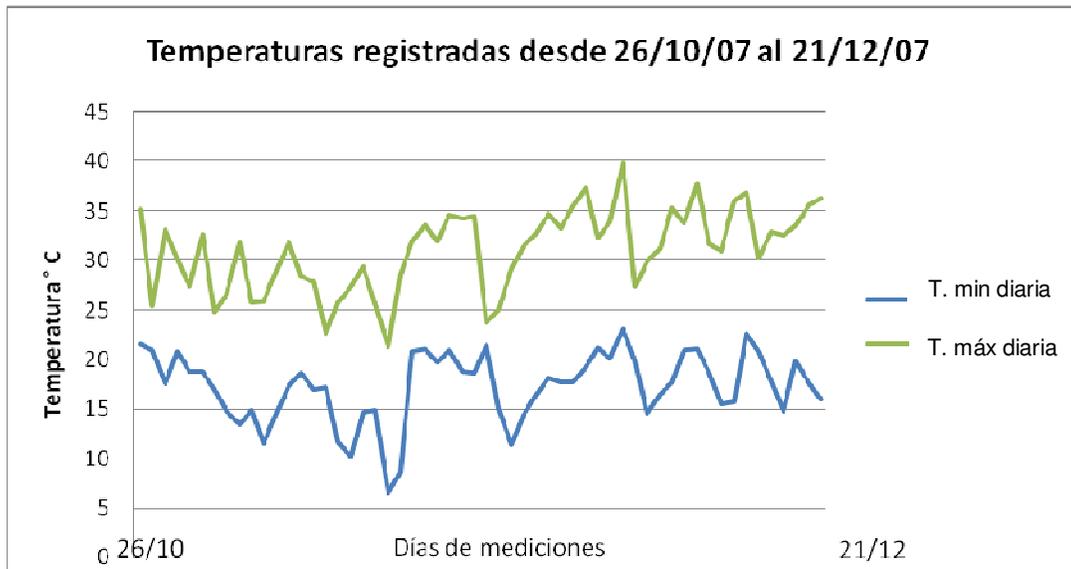
Registro de las temperaturas del invernadero

Con el registro de temperatura realizado en el invernadero a la altura de las plantas durante el periodo estudiado se obtuvieron 1366 valores, uno a cada hora. La temperatura promedio registrada en el ensayo fue de 23,52°C, la máxima de 39,8°C el 4 de Diciembre 2007 y la mínima de 6,6°C el 15 de Noviembre 2007. Los valores mínimos indicados no son frecuentes para la época del año (Fig. 8); sin embargo con la experiencia se demuestra que en estos rangos de temperatura no se observa pérdida de resistencia en las plantas.

A pesar de observarse días donde las temperaturas superaron el umbral máximo de temperatura (28 °C) para romper la resistencia a la infección de nematodos, los valores diarios superiores a 28 °C durante 12 horas continuas, necesarias para la pérdida de resistencia (Dropkin, 1969), no se observaron en el tiempo de evaluación de este ensayo. Si bien los valores promedio de temperatura

en la región durante los meses calurosos son suficientes para romper la resistencia de los cultivares, no se expresaron en esta experiencia.

Fig. 8. Temperaturas diarias en el invernadero durante los días de mediciones.



Días Grados

Los cálculos efectuados según la metodología indicada muestran que a los 56 días se acumularon 500 Días Grados para completar un ciclo de vida del nematodo (Tabla 3).

El tiempo para acumular los 500 DG necesarios hasta obtener una generación fue un período relativamente largo, el cual fue influenciado por las bajas temperaturas registradas.

Tabla 3. Cálculo de Días Grados por el método de la temperatura media.

METODO	PARAMETRO	NUMERO DE DIAS	VALOR EN DIAS GRADOS PARA COMPLETAR UN CICLO
De la temperatura media	Umbral inferior : 15°C	56	500

Análisis de raíces

Se observó que en las raíces de las plantas de todos los cultivares resistentes no se desarrolló ninguna agalla ni se contaron masas de huevos (Tabla 4). Por el contrario, en el cultivar susceptible (Belle), se detectaron en cada sistema radical valores entre 50 y 190 (Fig. 9).

Tabla 4. Recuento de agallas y masas de huevos en raíces de distintos cultivares al final de la experiencia.

CULTIVARES	N° DE AGALLAS						MASAS DE HUEVOS					
						MEDIA						MEDIA
Kartier	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Badro	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Biguá	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Río Grande Híbrido	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Belle	50	96	108	56	190	100	32	59	71	25	106	58.6

En el rango de temperatura en el que se desarrolló la experiencia, los cultivares considerados resistentes: Kartier, Badro, Biguá y Río Grande Híbrido no presentaron agallas por acción de la población de *M. incognita* empleada en la inoculación.

Esto no coincide con diferentes situaciones que sucedieron en otras regiones del mundo con los tomates resistentes que se plantan reiteradamente, incluyendo California (Roberts y Thomason, 1989; Perry y Jones, 1998; Kaloshian *et al.*, 1996; Rodríguez Kabana, 1990), Japón (Talavera Rubia, 2003), Grecia (Tzortzakakis y

Gowen, 1996), Gran Canarias (Rodríguez y Rodríguez, 1991), Brasil (Carneiro *et al.*, 2006; Silva *et al.*, 2007) y Marruecos (Eddaoudi *et al.*, 1997).



Fig. 9. Raíz de planta susceptible infectada.

Las raíces de las plantas del cultivar Belle (testigo), en cambio, presentaron considerable cantidad de agallas en todas las repeticiones y 58,6% de ellas contenían masas de huevos indicando que el nematodo completó su ciclo de vida sin encontrar impedimento en la planta. Las restantes hembras que se encontraban en las agallas no presentaban aún masas de huevos.

Medición de la infección en la raíz

La relación entre el número promedio de masas de huevos (100) del cultivar “Belle” correspondió al valor “4” según la tabla de Taylor y Sasser (1978). Por ser superior a 2 y por el factor R mayor a uno, el cultivar es considerado Susceptible (Tabla 2).

Si se utilizan cultivares susceptibles en suelo infectado por nematodos del nudo de la raíz, el problema no solo persiste sino que se incrementa con el transcurso del tiempo por la eclosión de los huevos que se forman abundantemente sobre las raíces de la planta. Los cultivos de tomate de ciclo largo (hasta 10 meses en Corrientes) terminan muy infectados por que se producen varias generaciones: cada 4 a 8 semanas dependiendo de la temperatura (Noling, 2009) sobre la misma planta impidiendo el normal funcionamiento de las raíces. Los nematodos que sobrevivan en el suelo infectarán las raíces si las condiciones son las apropiadas (calor, humedad y hospedante susceptible).

Evaluación de los cultivares

Peso aéreo y de raíces de las plantas

El cultivar Belle tuvo el peso más elevado, tanto el fresco (66,76 gr) como el seco (14,32 gr) de la parte aérea (Tabla 5). Para el peso fresco de raíz, el cultivar tipo perita Río Grande Híbrido tuvo el mayor valor (25,2) y el cultivar Kartier el menor (5,42) (Tabla 5).

El tomate susceptible con agallas (Belle) presentó el mayor tamaño de planta a los 60 días de evaluación. Es contradictorio, porque plantas con muchas agallas presentan disminución de crecimiento (Agrios, 2005). Sin embargo, se citan resultados similares

al de este trabajo, al inocular diferentes densidades poblacionales de *M. incognita* sin encontrar diferencias significativas en el peso fresco y peso seco del follaje (Chan y López, 1992). También se ha informado en otros cultivos, que en la etapa inicial de crecimiento las plantas pueden absorber más agua y aumentar su elongación como respuesta inicial al ataque de nematodos (Gaviria, 2000).

Tabla 5. Peso fresco y seco de la parte aérea y peso fresco de las raíces en los distintos cultivares.

Cultivares	Peso Fresco parte aérea	Peso Seco parte aérea	Peso Fresco Raíces
Kartier	16,88 A	3,44 A	5,42 A
Badro	39,56 A B	8,54 A B	19,86 B
Biguá	31,94 A	7,44 A	12,10 A B
Río grande H.	25,68 A	7,10 A	25,2 B
Belle	66,76 B	14,32 B	21,2 B

Valores seguidos de distintas letras difieren significativamente dentro de cada columna ($p \leq 0,05$).

Altura de las plantas y diámetro de los tallos

Los valores obtenidos para cada cultivar se reseñan en la Tabla 6. El promedio de mayor altura de planta correspondió al cultivar Badro seguido de Río Grande Híbrido y Belle. El mayor promedio de diámetro de tallo se logró en el cultivar Belle. Estos resultados no son concluyentes, ya que los parámetros evaluados tienen una alta carga genética, independientemente del tratamiento aplicado.

Tabla 6. Altura de plantas y diámetro de tallo (cm) medidos en todos los cultivares a 60 días del trasplante.

	Cultivares				
	Kartier	Badro	Biguá	R.Grande H.	Belle
Altura planta (cm)	45	90	45	96	56
	47	80	58	68	110
	44	110	50	56	69
	73	104	108	90	49
	56	110	69	49	74
Media	53	99	66	72	72
	Kartier	Badro	Biguá	R.Grande H.	Belle
Díámetro tallos (cm)	4	5	6	4	6
	4	5	6	6	6
	4	6	4	5	7
	6	5	7	7	6
	6	6	7	6	6
Media	4,8	5,4	5,8	5,6	6,2

CONCLUSIONES

Las temperaturas registradas durante el periodo de evaluación no afectaron la resistencia a nematodos que tienen los tomates. Las mismas llegaron a superar el límite máximo durante algunas horas en el día pero no fueron suficientes para el quiebre.

Una forma de evitar los meses más calurosos (noviembre, diciembre, enero y febrero) es acortar el período de cultivo del tomate a 7 meses, práctica que afectará favorablemente el resultado económico y mejorará el estado sanitario del suelo. El tiempo restante se utilizaría con solarización (6 semanas como mínimo) y descanso del suelo sin plantas.

El tiempo necesario para acumular los 500 DG y obtener una generación fue relativamente largo, influenciado por temperaturas bajas atípicas en la región. No hay que descartar que en años calurosos, el número de generaciones se vería modificado, y por ende aumentaría la posibilidad de infección y de ruptura de resistencia.

La población de *M. incognita* del experimento, pudo reproducirse en el tomate susceptible y no manifestó ningún cambio sobre la resistencia conferida por el gen *Mi* que poseen los cultivares comerciales evaluados.

El empleo de cultivares resistentes a nematodos es una estrategia de control eficaz en esta zona de producción siempre y cuando las temperaturas no se mantengan en valores superiores al límite de 28 °C de forma constante.

El número de agallas y de masas de huevos fueron parámetros útiles para definir el grado de susceptibilidad y resistencia de los cultivares de tomate en estudio: se observó abundante presencia de las mismas en el susceptible y ausencia en los resistentes.

BIBLIOGRAFÍA

- Adlercreutz, E. G. A.; Chaves, E.; Mondino, E. y A. Szczesny, 2008. Fluctuación poblacional de juveniles del segundo estadio de *Nacobbus aberrans* y *Meloidogyne* sp. bajo condiciones de invernáculos. XXXI Congreso argentino de horticultura. Mar del Plata. p. 82.
- Agrios, G. N. 2005. Plant pathology. 5th. Ed. Elsevier Academic Press. USA. 838 p.
- Barker, K. R. 1985. Nematode extraction and bioassays. In: An advanced treatise on *Meloidogyne*: II Methodology. K.R. Barker, C.C. Carter and J.N. Sasser. NCSU. p. 30.
- Besri, M. 2000. Tomatoes in Morocco: Integrated pest management and grafted plants. In: Case studies on alternatives to Methyl Bromide, Technologies with low environment impact. UNEP, Division of Technology, Industry and Economics, Ozone Action Program. p. 14-17.
- Bird, A. F. 1961. The ultrastructure and histochemistry of a nematode-induced giant cell. *Journal of biophysical and biochemical cytology*, 11: 701-715.
- Brown, C. R., Mojtahedi H., Santo, G. S. y V. M. Williamson. 1997. Effect of the Mi gene in tomato on reproductive factors of *Meloidogyne chitwoodi* and *M. hapla*. *Journal of Nematology*, 29 (3): 416-419.
- Cáceres, S.; Miño, V. y A. Aguirre. 2010. Evaluación de plaguicidas para el control de la polilla del tomate, *Tuta absoluta*. XXXIII Congreso argentino de horticultura. p.152.

- Canto-Saénez, M. 1983. The nature of resistance to *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White 1919) Chitwood 1949. In: Proc. Third. Res. & Plann. Conf. On Root-knot Nematodos, *Meloidogyne* spp. C.C. Carter. Internacional *Meloidogyne* Project, Lima, Perú. 160-165.
- Canto-Saénez, M. 1985. The nature of resistance to *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White 1919) Chitwood 1949. In: An advanced treatise on *Meloidogyne* Vol. I Biology and Control. Sasser and Carter. 225-231.
- Carneiro, R. M. D. G.; Alves Almeida, M. T.; Souza Braga, R.; De Almeida, C. A.; y R. Gioria. 2006. Primeiro registro de *Meloidogyne mayaguensis* parasitando plantas de tomate e pimentao resistentes a Meloidoginose no estado de Sao Paulo. *Nematología brasileira*, 30 (1): 81-86.
- Chan, S. y R. López. 1992. Efecto de diferentes densidades poblacionales de *Meloidogyne incognita* sobre el crecimiento del tomate. *Agronomía Costarricense*, 16 (2): 165-169.
- Colombo, M. del H. 2003. Manejo de enfermedades en cultivos protegidos de tomate. p.142-146. En: Horticultura y floricultura. IDIA XXI. Revista de información sobre investigación y desarrollo agropecuario. Ediciones INTA. 211 pp.
- Colombo, M.; Obregón, V. y J. Montero. 2008. Eficacia de la solarización en el control de *Ralstonia solanacearum* en invernaderos en Bella Vista, Corrientes. XXXI Congreso argentino de horticultura. p. 138.

- Coolen, W. A. and C.J. D'Herde. 1972. A method for quantitative extraction of nematodes from plant tissue. Ministry of Agriculture, State Nematology and Entomology Research Station, Merelbeke, Belgium, p.77.
- Cook, R. and K. Evans. 1987. Resistance and tolerance. R. H. Brown and B. R. Kerry (ed.). In: Principles and practice of nematode control in crops. Marrickville, NSW, Australia: Academic Press. 179-231.
- Di Rienzo, J.A.; F. Casanoves; L. Gonzalez; M. Tablada; C.W. Robledo y M.G. Balzarini. 2005. Estadística para las ciencias agropecuarias. Ed. Brujas, Argentina. 329 pp.
- Djian-Caporalino, C.; Bourdy, G. y J. C. Cayrol. 2004. Plantas nematocidas y plantas resistentes a los nematodos. p. 191-240. En: Biopesticidas de origen vegetal. Regnault-Roger, Philogene y Vincent. Mundi-Prensa. 336 pp.
- Doucet, M. E. 1993. Consideraciones acerca del género *Meloidogyne* Goeldi, 1887 (Nemata: Tylenchida) y su situación en la Argentina. Asociaciones y distribución. *AGRISCIENTIA*, 9: 63-80.
- Doucet, M. E. 1999. Nematodos del suelo asociados con vegetales en la República Argentina. Academia Nacional de Agronomía y Veterinaria. 259 p.
- Doucet, M. E. y Pinochet, J. 1992. Occurrence of *Meloidogyne* spp, in Argentina. *Journal of Nematology*, 24 (4S): 765-770.
- Doucet, M. E., Ponce de León, E.L. de., Dapoto, G., Junyent, R. G. y Giganti, H. 1996. Especies de *Meloidogyne* de importancia agrícola en Río Negro y Neuquén, Argentina. *Nematologia Mediterranea*, 24: 179-184.

- Dropkin, V.H. 1969. The necrotic reaction of tomatoes and other host resistant to *Meloidogyne*: reversal by temperature. *Phytopathology*, 59: 1632-1637.
- Eddaoudi, M.; Ammati M. y A. Rammah. 1997. Identification of the resistance breaking isolates of *Meloidogyne* on tomatoes in Morocco and their effect on new sources of resistance. *Fundamental and Applied Nematology*, 20: 285-289.
- Eisenback, J. D. 1985. Diagnostic characters useful in the identification of the four most common species of root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.). p. 97. In: An advanced treatise on *Meloidogyne*. Vol. I . Biology and Control. Sasser J. N. and C.C: Carter. North Caroline USA. 422 pp.
- Escobar, E.H.; Liger, H.D.; Melgar, R.; Matteio, H. R. y O. Vallejos. 1996. Mapa de Suelos de la Provincia de Corrientes, 1:500.000. Subsecretaría de Recursos Naturales y Medio Ambiente. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Centro Regional Corrientes. Imprenta Vida Correntina. 329 pp.
- Fernández Lozano, J. 2005. Principales zonas de producción de hortalizas en Argentina. Corporación del Mercado Central de Buenos Aires.
<http://www.mercadocentral.com.ar/site2006/publicaciones/controldecalidad.php>.
- Ferris, H.; Castro, C. E.; Caswell, E. P.; Jaffee, B. A.; Roberts, P. A.; Westerdahl, B. B. and V. M. Williamson. 1992. Biological approaches to the management of plant-parasitic nematodes. Pp. 68-101 in J. P. Madden (ed.). *Beyond pesticides: Biological approaches to pest management in California*. Divn. Ag. Nat. Res., Univ. California: Oakland.

- Gauna, P.; Ishikawa, A.; Pucheta, F.; Altamirano, J. 2005. Estudio de la densidad poblacional del nematodo del nudo de la raíz (*Meloidogyne* sp.) en invernadero de tomate. XVI Reunión de Comunicaciones Científicas Técnicas y de Extensión <http://agr.unne.edu.ar/Extension/Res2005/SanVegetal/SaVeg010.pdf> Corrientes.
- Gaviria, B. M., 2000. Estrategia para el manejo de nematodos fitoparásitos en el cultivo del crisantemo (*Dendranthema grandiflora*) en el oriente antioqueño. Universidad de Granma. Cuba. 37 pp.
- Hanna, H.Y.; Colyer, P.D.; Kirkpatrick, T.L.; Romaine, D.J. y P.R. Vernon. 1993. Improving yield of cucumber in nematode- infested soil by double-cropping with a resistant tomato cultivar, using trasplants and nematicides. Proc. of the Florida State Horticultural Society, 106: 163-165.
- Hussey, R. 1985. Host. Parasite Relationships. Sasser and Carter (eds.) In: An advanced Treatise on *Meloidogyne*. Vol. I Biology and Control. 149-150.
- Hussey, R. S. 1989. Disease-inducing secretions of plant parasitic nematodos. Annual Review Phytopathology, 27: 123-141.
- Ishikawa, A.; Gauna, P. y J. Pacce, 2004. Incidencia de *Meloidogyne* en cultivos de invernadero. Módulo 3: 113-115. Gráfica Sur Editora SRL. En: Seminario Avances en la sustitución/ eliminación del bromuro de metilo en la desinfección de suelos y sustratos. 319 pp.
- Jacquet, M.; Bongiovani, M.; Martinez, M.; Verschave, E.; Wajnberg, E. y P. Castagnone-Sereno, 2005. Variation in resistance to the root-knot nematode

Meloidogyne incognita in tomato genotype bearing the *Mi* gene. *Plant Pathology*, 54: 93-99.

Jammes, F.; Lecompte, P.; Almeida-Engler, J.; Bitton, F., Martin-Magniette, M. M.; Renou, J. P.; Abad, P. y B. Favery, 2005. Genome-wide expression profiling of the host response to root-knot nematode infection in *Arabidopsis*. *Plant Journal* 44: 447-458.

Jenkins, W. R. 1964. A rapid centrifugal flotation technique for separating nematodes from soil. *Plant Disease Reporter* 48, 692. 1964.

Jones, P; Stall, R. E. and T. A. Zitter. 1991. *Compendium of Tomato Diseases*. The American Phytopathological Society, 73: 31.

Kaloshian, I.; Williamson, V. M.; Miyao, G.; Lawn, D. A. y B. B. Westerdahl. 1996. Resistance-breaking nematodes identified in California tomatoes. *California Agriculture*, 50: 18–19.

Lamberti, F. 1997. *Plant nematology in developing countries: problems and progress*. Paper n°144. Eds. Maqbool, M. A., Kerry, B. ISBN 92-5-103798-1. In: *Plant nematode problems and their control in the Near East region*. Food and Agricultural Organization.

Lenscak, M. P. y J. J. Mansutti. 2009. Relevamiento y diagnóstico técnico de las estructuras de invernaderos de la Provincia de Corrientes. Serie Técnica N° 33 EEA INTA Bella Vista. 18 pp.

- Milne, D.L y D.P. Du Plessis. 1964. Development of *Meloidogyne javanica* (Treub.) Chit. on tobacco under fluctuating soil temperatures. South African Journal of Agricultural Science, 7: 673–680.
- Mitkowski, N. A. and G. S. Abawi, 2011. Root-knot nematode. APSnet. American Phytopathological Society. [http:// www. Root-knot.apsnet](http://www.Root-knot.apsnet).
- Nakama, M. y O. Liverotti, 2010. Boletín electrónico de Tomate N° 24. Corporación del Mercado Central de Buenos Aires. [http:// www.mercadocentral.com.ar](http://www.mercadocentral.com.ar).
- Netscher, C. 1976. Observations and preliminary studies on the occurrence of resistance breaking biotypes of *Meloidogyne* spp. on tomato. Cahier ORSTOM. Série Biologie, 11: 173-178.
- Netscher, C. y R. A. Sikora.1990. Nematodes parasites of vegetables plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture. U.K. Cab. International. 237-283.
- Noling, J. W. 2009. Nematodes and their management. Eds. G. Hochmuth & D. Maynard. En: Vegetable production guide for Florida. 322pp.
- Ornat, C.; Verdejo-Lucas, S. y F. J. Sorribas.1997. Efecto del cultivo previo sobre la densidad de población de *Meloidogyne javanica* y la producción de pepino. Nematropica, 27: 85-90.
- Ornat, C.; Verdejo-Lucas, S. y F. J. Sorribas. 2001. A population of *Meloidogyne javanica* in Spain virulent to the *Mi* resistance gene in tomato. Plant Disease, 85: 271-276.

- Perry, R. N. y J. T. Jones. 1998. The use of molecular biology techniques in Plant Nematology: past, present and future. *Russian Journal of Nematology*, 6: 47-56.
- Philis, J. y N. Vakis. 1977. Resistance of tomato varieties to the root-knot nematode *Meloidogyne javanica* in Cyprus. *Nematologia Mediterranea*, 5: 39-44.
- Rich, J. R. y S. M. Olson. 2004. Influence of MI gene resistance and soil fumigant application in first crop tomato on root-galling and yield in a succeeding cantaloupe crop. *Nematropica*, 34: 103-108.
- Roberts, P. A. 2002. Concepts and consequences of resistance. In: Plant resistance to parasitic nematodes. Eds. Starr, J. R. R., Cook, R., Bridge, J. Wallingford, UK: CABI Publishing. pp 23-41.
- Roberts, P. A. y I. J. Thomason. 1989. Variability in reproduction of isolates of *Meloidogyne incognita* and *M. javanica* on resistant tomato genotypes. *Plant Diseases*, 70: 547-550.
- Rodríguez Fuentes, M. 1984. Biología de los fitonematodos. p 57. En: *Nematología agrícola*. Editorial Pueblo y Educación. Cuba. 176 pp.
- Rodriguez-Kabana, R. 1990. Las técnicas agronómicas en la regulación de las enfermedades de las plantas. *Agrícola Vergel*, 9: 976-980.
- Rodríguez, J. M. y R. Rodríguez. 1991. Resistencia de cultivares de tomates con el gen "MI" ante poblaciones de *Meloidogyne* spp. (Nematoda:Tylenchida) en Gran Canaria (Islas Canarias). *Boletín Sanidad Vegetal. Plagas*, 17: 529-535.

- Shurtleff, M. C. y Ch. W. Averre. 2005. Classification and Descriptions of Plant-Parasitic Nematodes. Capítulo 3: 99-111. In: Diagnosing plant diseases caused by nematodes. USA. APS Press. 187 pp.
- Sikora , R.A. y E. Fernandez. 2005. Nematode parasites of vegetables. 319-392 pp. In: Plant-Parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture 2nd Ed. (Eds.) Luc, M., Sikora, R.A. and Bridge, J. CABI Pub. Wallingford, UK.
- Silva, R. V.; Oliveira, R. D. I.; Ferreira, P. S.; Castro, D. R.; Aguiar, N. D. C. y D. J. Sêni. 2007. Reproduction of *Meloidogyne exigua* population in tomato with *Mi* gene. XXVII Congresso Brasileiro de Nematología. Volumen 31. 162 pp.
- Sogut, M. A.; Elekcioglu, I. H.; Devran, Z y A. Ozarslandan. 2008. Addressing root-knot nematodes in horticultura: diagnostics resistance and integrated management practices in Turkey. 5° International Congress of Nematology. Australia. p.80.
- Sorribas, F. J. y S. Verdejo-Lucas. 1998. Survey of *Meloidogyne* spp. in tomato production fields of Baix Llobregat County, Spain. Journal of Nematology, 26: 731-736.
- Sorribas, F. J., Verdejo-Lucas, S. 1999. Capacidad parasitaria de *Meloidogyne* spp. en cultivares de tomate resistente. Investigación Agraria: Producción y Protección Vegetales, 14: 237-247.
- Sorribas, F. J.; Ornat, C.; Verdejo-Lucas, S.; Galeano, M. y J. Valero. 2005. Effectiveness and profitability of the *Mi*-resistant tomatoes to control root-knot nematodes. European Journal of Plant Pathology, 111:29-38.

- Stapleton, J. J.; Ruiz, T. S.; McKenry, M. V. y L. Ferguson. 2001. An additional time/temperatura treatment approved in California to ensure against nematode pest infestation of containerized nursery stock. In: 2001 Proceedings of the Annual International Research Conference on Methyl Bromide Alternatives and Emissions Reductions, San Diego, CA.
- Starr, I.L; Cook, R. y I. Bridge. 2002. Plant resistance to parasitic nematodes. Londres, CAB International. pp: 1-36.
- Talavera Rubia, M. 2003. Manual de nematología agrícola. Institut de Recerca i formació agraria i pesquera. Islas Balears. España. 22 pp.
- Talavera, M.; Verdejo-Lucas, S.; Ornat C.; Torres, J.; Vela, M. D.; Macias, F. J.; Cortada, L.D.; Arais, J.; Valero, J. y F. J. Sorribas. 2009. Crop rotations with *Mi* gene resistant and susceptible tomato cultivars for management of root-knot nematodes in plastic houses. *Crop Protection*, 28: 662-667.
- Taylor, A. L. y J. N. Sasser. 1978. Biology, Identification and Control of Root Knot Nematodos (*Meloidogyne* spp). Cooperative Publication. Department Plant Pathology, North Carolina State Univ., and U.S. Agency Int. Dev. Raleigh, N. C. 111 pp.
- Tzortzakakis, E. A. y S. R. Gowen. 1996. Occurrence of a breaking pathotype of *Meloidogyne javanica* on tomato in Crete, Greece. *Fundamental applied Nematology*, 19: 283-288.
- Tzortzakakis, E. A., Trudgill, D. L. y M. S. Phillips, 1998. Evidence for a dosage effect of the *Mi* gene on partially virulent isolates of *Meloidogyne javanica*.. *Journal of Nematology* 30:76-80.

Vaghi Medina, C. G.; Cáceres, S.; Miño, V.; Aguirre, A. y P. M. López Lambertini.

2010. Diferentes begomovirus infectando tomate de Corrientes. XXXIII

Congreso Argentino de horticultura. p. 67.

Wang, J. Y. 1960. A critique of the heat unit approach to plant response studies.

Ecology, 41: 785-790.

Williamson, V. M. 1998. Root-knot nematode resistance genes in tomato and their

potential for future use. Annual Review of Phytopathology, 36: 277-299.