
HORTICULTURA

Intercropping of tomato with antagonistic plants in the treatment of soil infested with *Meloidogyne* spp., under greenhouse

Intercultivo de tomate con plantas antagónicas en el tratamiento del suelo infestado con *Meloidogyne* spp., en invernadero

Comezana, M. M.^{1-2*}; Rodríguez, R. A.¹; Ayastuy, M. E.¹; Muscolino, C.¹; Rosetti, F.¹ y Belladonna, D. P.¹

1. Departamento de Agronomía, Universidad Nacional del Sur - UNS, Bahía Blanca, Buenos Aires, Argentina.

2. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Buenos Aires, Argentina.

*Autor de correspondencia: micalacomezana@gmail.com

Recibido: 28/01/2021

Aceptado: 29/03/2021

ABSTRACT

Comezana, M. M.; Rodríguez, R. A.; Ayastuy, M. E.; Muscolino, C.; Rosetti, F. y Belladonna, D. P. 2021. Intercropping of tomato with antagonistic plants in the treatment of soil infested with *Meloidogyne* spp., under greenhouse. Horticultura Argentina 40 (101): 6-19.

Tomato intercropping with antagonistic species is considered a management alternative for *Meloidogyne* spp. The objective of the work was to evaluate the intercropping of *Tagetes erecta*, *Tagetes minuta* and *Crotalaria juncea* for the management of *Meloidogyne* spp., in tomato cultivation. The gall index and the number and weight of fruits were determined in tomato plants. Tomato intercropping with *T. erecta* showed a lower

gall index than the rest of evaluated treatments. In addition, a higher weight and number of fruits were observed in this treatment and in the one with *T. minuta*, respect to the *C. juncea* treatment and the control without intercropping. Under the conditions of this trial, intercropping of tomato with *T. erecta* proved to be a good alternative for the management of *Meloidogyne* spp. This practice contributes to a lesser use of phytosanitary products, with the positive effect that it has on the environment, and to the obtaining of a more innocuous horticultural product for human consumption.

Additional Keywords: *Tagetes* spp., *Crotalaria* spp., root-knot nematodes.



RESUMEN

Comezaña, M. M.; Rodríguez, R. A.; Ayastuy, M. E.; Muscolino, C.; Rosetti, F. y Belladonna, D. P. 2021. Intercultivo de tomate con plantas antagónicas en el tratamiento del suelo infestado con *Meloidogyne* spp., en invernadero. Horticultura Argentina 40 (101): 6-19.

El intercultivo de tomate con especies antagónicas se considera una alternativa de manejo de *Meloidogyne* spp. El objetivo del trabajo fue evaluar el intercultivo de las especies *Tagetes erecta*, *Tagetes minuta* y *Crotalaria juncea* para el manejo de *Meloidogyne* spp., en el cultivo de tomate. Se determinó, en las plantas de tomate, el índice de agallas y el número y peso de frutos. El intercultivo de tomate con *T.*

erecta mostro un menor índice de agallas que el resto de los tratamientos evaluados. Además, se observó en este tratamiento, y en el de *T. minuta*, un mayor peso y número de frutos con respecto al tratamiento con *C. juncea* y al testigo sin intercultivo. En las condiciones de este ensayo, el intercultivo de tomate con *T. erecta* mostró ser una buena alternativa de manejo de *Meloidogyne* spp. Se contribuye con esta práctica a una menor utilización de fitosanitarios, con el efecto positivo que trae aparejado para con el medio ambiente, y a la obtención de un producto hortícola de mayor inocuidad para el consumo.

Palabras claves adicionales: *Tagetes* spp., *Crotalaria* spp., nematodos agalladores.

1. Introducción

El control de los nematodos fitoparásitos y polífagos como *Meloidogyne* spp., presente en la mayoría de las regiones hortícolas de Argentina, constituye un verdadero desafío en los cultivos bajo cubierta, debido principalmente a que las condiciones ambientales de los mismos favorecen su establecimiento y desarrollo.

Actualmente, el uso de productos químicos es una de las herramientas más utilizadas para el control de nematodos. Esto conlleva un alto costo económico y ambiental, por lo que es conveniente buscar alternativas para la defensa de los cultivos que se adapten a las nuevas demandas del mercado, en un sistema sostenible técnico-económico-ambiental (Gómez-Rodríguez & Zavaleta-Mejía, 2001).

Una vez que estos nematodos están presentes en el suelo es muy difícil erradicarlos definitivamente, debido a que cuentan con formas de resistencia (larvas infectantes y masas de huevos) que les permiten perdurar en bajas densidades de poblacionales. De allí que el concepto de “control” deba ser reemplazado por el de “manejo”. Se pretende convivir con el patógeno manteniendo sus densidades poblacionales en un valor que no ponga en riesgo la rentabilidad de la producción (Andrés, 2002).

La asociación de cultivos es una práctica alternativa, la cual promueve una mayor diversidad, mejora el uso de los recursos naturales, disminuye el riesgo de pérdida total de la cosecha, proporciona protección contra daños por plagas y enfermedades y resulta más benéfica cuando se utilizan especies con propiedades antagonistas contra fitopatógenos (Gómez-Rodríguez & Zavaleta-Mejía, 2001; Valiente Raidán & Aquino Jara, 2008). Se ha probado el efecto de estas plantas en el control de *Meloidogyne* spp., en experimentos llevados a cabo en laboratorio, invernadero y campo (Murga-Gutiérrez *et al.*, 2012; Bello *et al.*, 2014; Grubišić, *et al.*, 2018). Las especies de *Tagetes* spp., pertenecientes a la familia *Asteraceae*, constituyen un grupo de antagonistas potenciales, por poseer propiedades nematicidas, fungicidas, insecticidas y antivirales. Estas varían según la especie de *Tagetes*, de nematodo y de hospederos, el tipo de

suelo y clima. Además, se ha descrito que no todas las variedades afectan el desarrollo de todos los tipos de nematodos. Por ejemplo, Piedra Buena *et al.* (2008) determinaron que sus resultados concuerdan con estudios previos sobre la condición de *Tagetes patula* como hospedador de *Meloidogyne* spp., e indicaron que fue resistente a *M. arenaria*, *M. javanica*, *M. incognita* y *M. hapla* raza A, y susceptible a *M. hapla* raza B. Esto sugiere que *T. patula* podría utilizarse en un sistema de cultivo integrado, aunque esta resistencia debe manejarse agrónomicamente para evitar la selección de poblaciones virulentas de *Meloidogyne* spp., debido al cultivo repetido de un hospedador resistente.

Las propiedades nematostáticas y nematocidas de *Tagetes erecta* L. sobre *Meloidogyne* spp., han sido ampliamente investigadas y son atribuidas a la presencia de compuestos tiofenos en sus tejidos (Gómez-Rodríguez & Zavaleta-Mejía, 2001; Grubišić, *et al.*, 2018). Olabiyi & Oyedunmade (2007) y Hooks *et al.*, (2010) informaron que el componente activo que se encuentra en mayor proporción sería el alfa-tertienilo y además la raíz contiene flavonoides, aminas, amidas, fenoles y ketones.

Tagetes minuta L., nativa de regiones templadas de América del Sur, es otra planta nematocida potencial, rica en monoterpenos, sesquiterpenos, flavonoides, tiofenos y compuestos aromáticos acíclicos, monocíclicos y bicíclicos que podrían utilizarse para controlar eficazmente a *Meloidogyne* spp., (Murga-Gutiérrez *et al.*, 2012). La República Argentina, junto con India, Egipto, Sudáfrica y Zimbabwe constituyen los principales países exportadores del aceite esencial de *T. minuta* (Cussa, 2017).

Los mecanismos de supresión de nematodos por las plantas de *Tagetes* spp., utilizan varios medios que incluyen, actuar como no-hospedador (o ser un mal hospedador), producir compuestos alelopáticos que son tóxicos o inhiben su desarrollo, estimular la actividad de organismos de origen natural que compiten con o atacan a los nematodos y funcionar como cultivos trampa. Estos mecanismos pueden ocurrir separadamente o en combinación, resultando en la disminución de la población de nematodos fitoparásitos (Piedra Buena *et al.*, 2008; Hooks *et al.*, 2010; Armendáriz *et al.*, 2015; Suárez *et al.*, 2017). Las plantas trampa pueden reducir las poblaciones de nematodos fitoparásitos a través de dos mecanismos: por atraer y permitir la infestación por parte del nematodo, con su posterior eliminación por la muerte o cosecha de la planta, o por permitir la infestación, pero inhibir su posterior desarrollo y reproducción. Estas plantas podrían ser incluidas como parte de prácticas agronómicas para reducir los daños por nematodos fitoparásitos en cultivos susceptibles (Murga-Gutiérrez, 2007; Suárez *et al.*, 2017). Actualmente, *Crotalaria juncea* L. (cañamo marrón, cañamo indio, etc.), especie de la familia *Fabaceae*, se siembra en regiones tropicales y subtropicales, como cultivo de múltiples propósitos, para fijar nitrógeno en suelos empobrecidos, como abono o cubierta verde incorporando materia orgánica al suelo y además aporta fibra para papel y cordaje. Algunos estudios han mostrado que suprime algunas especies de nematodos del nudo de raíz de forma más eficiente que los nematocidas químicos, los cuales actúan en el momento de aplicación, en contraparte *C. juncea* incorporada al suelo, sigue suprimiendo la población de nematodos mientras que el cultivo sigue creciendo (SINAVIMO, 2020). Los exudados de la raíz y hojas contienen compuestos alelopáticos como monocrotalina y pirrolizidina, alcaloides tóxicos para los nematodos. Al incorporarlos al suelo son capaces de mejorar la actividad de algunos nematodos predadores y mejora la densidad de población de nematodos de vida libre importantes en el ciclo de nutrientes del suelo (Wang *et al.*, 2004; Valiente Raidán & Aquino Jara, 2008; Giesbrecht Harder & Aquino Jara, 2009).

En agricultura es factible utilizar algunas de estas plantas antagonicas en el manejo de nematodos, tanto en rotaciones, como en cultivos en cobertura o en intercultivo, aplicación como enmiendas, o abono verde en suelos cultivables (Hooks *et al.*, 2010).

El objetivo del trabajo fue evaluar el intercultivo de las especies *T. erecta*, *T. minuta* y *C. juncea* como alternativa de manejo de *Meloidogyne* spp., en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.).

2. Materiales y métodos

En este estudio se realizaron dos ensayos que comenzaron en el mes de septiembre de 2014, uno en el que se evaluó el índice de agallas y otro en donde se determinaron los parámetros de rendimiento. Los ensayos se desarrollaron en invernáculos ubicados en el Departamento de Agronomía, Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca (38° 41' 37,8'' S y 62° 15' 7,1'' O), provincia de Buenos Aires, Argentina.

El material parental de los suelos más representativos de la región es una capa de loess de poco espesor (40-80 cm) depositado sobre un manto de tosca. En general son suelos medianamente profundos a someros, de texturas medias. El suelo de los invernaderos posee textura arenosa-franca (Tabla 1).

Antes de llevar a cabo los ensayos se realizó un análisis nematológico, a partir de una muestra compuesta de suelo en los camellones del invernáculo. Para esto se utilizó un muestreador metálico y las muestras se tomaron hasta los 20 cm de profundidad. En la Tabla 2, se observa el resultado del nivel poblacional de *Meloidogyne* spp.

Table 1: Chemical characterization of greenhouse soil. Determinations made by the LANAIS N-15, CONICET-UNS, Argentine, 2013.

Tabla 1: Caracterización química del suelo del invernadero. Determinaciones efectuadas por el LANAIS N-15, CONICET-UNS, Argentina, 2013.

MO %	CE dS m ⁻¹	pH	Nt %	Pe	Kdisp
				ppm	
1,93	0,58	7,7	0,094	19,1	414,25

Abreviaciones: MO, Materia orgánica; CE, Conductividad eléctrica; Nt, Nitrógeno total; Pe, Fósforo extractable; K, Potasio

Abbreviations: MO, organic matter; CE, electrical conductivity; Nt, total nitrogen; Pe, extractable phosphorus; K, potassium.

Table 2: Number of *Meloidogyne* spp., en 100 cm³ of soil from each simple (Shurtleff, M.C. & Averre III, Ch.W. 2000) Nematology Laboratory, INTA Balcarce, Argentine, 2013.

Tabla 2: Número de *Meloidogyne* spp., en 100 cm³ de suelo de cada muestra (Shurtleff, M.C. & Averre III, Ch.W. 2000) Laboratorio de Nematología, INTA Balcarce, Argentina, 2013.

Muestra compuesta por 10 submuestras por camellón	<i>Meloidogyne</i> spp., Larva juvenil 2 (J2)	<i>Meloidogyne</i> spp., machos
Camellón 1 (C1)	19	0
Camellón 2 (C2)	28	0

En ambos ensayos se utilizó tomate cultivar ACE 55 (*Solanum lycopersicum* L.), como especie sensible a nematodos, y se evaluaron tres especies antagonicas en intercultivo.

Las especies antagónicas utilizadas fueron:

- *Tagetes minuta*, semilla procedente de la Estación Experimental Agropecuaria Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) La Consulta, Mendoza.
- *Tagetes erecta*, semilla procedente del programa ProHuerta, INTA Bahía Blanca.
- *Crotalaria juncea*, semilla procedente del IPAF (Instituto para la Agricultura Familiar) (Formosa).

Los tratamientos fueron los siguientes:

T₁: Testigo, sin asociación

T₂: *Crotalaria juncea* + tomate (Intercultivo con *Crotalaria* - ICCROT).

T₃: *Tagetes minuta* + tomate (Intercultivo con *Tagetes minuta* - ICTAGMIN).

T₄: *Tagetes erecta* + tomate (Intercultivo con *Tagetes erecta* - ICTAGERE).

2.1. Ensayo: Evaluación del índice de agallas:

Para evaluar el efecto del intercultivo en el índice de agallas se realizó un ensayo en macetas, utilizando el suelo infestado de los camellones muestreados. Este ensayo se realizó en un invernadero de policarbonato y mampostería, con condiciones ambientales controladas, con temperaturas promedio de 25 °C de día y 20 °C de noche, además de dos riegos diarios mediante micro-aspersores sobre el ensayo.

Las macetas se llenaron con suelo infestado extraído previamente de los camellones 1 y 2 (Tabla 2) y homogeneizado. Luego se colocaron sobre las mesadas del invernáculo, se rotularon y se sembraron en ellas cuatro semillas de tomate y cuatro semillas de la especie antagónica a los nematodos a evaluar, dejando luego de la emergencia una planta de cada una por maceta (Figura 1). El diseño experimental fue completamente al azar, con ocho repeticiones.



Figure 1: Arrangement of *Tagetes erecta* + tomato plants in the pot. Argentine. Source: Rosetti, F. 2014.

Figura 1: Disposición de las plantas de *Tagetes erecta* + tomate en la maceta. Argentina. Fuente: Rosetti, F. 2014.

Cuando se cumplieron 80 días desde la siembra, las plantas se extrajeron de las macetas, se lavaron las raíces sobre un tamiz y se procedió a comparar visualmente las agallas, según la

escala de Bridge & Page (1980) (Figura 2). Utilizando esta escala, y para facilitar la determinación y exposición de los resultados obtenidos, se establecieron tres grados de infestación: leve, medio y grave.

- Leve: presentan un índice de agallas entre 0 y 2.
- Medio: presentan un índice de agallas entre 3 y 5.
- Grave: presentan un índice de agallas entre 6 y 10.



Figure 2: Tomato root nodulation indices produced by *Meloidogyne*. Source: Bridge & Page, 1980.

Figura 2: Índices de agallas en raíz de tomate producidos por *Meloidogyne*. Fuente: Bridge & Page, 1980.

2.2. Ensayo: Evaluación de componentes de rendimiento:

Este ensayo se realizó en suelo, dentro del invernadero, en los camellones 1 y 2 donde previamente se había realizado el muestro nematológico (Tabla 2). Los tratamientos se dispusieron en un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones. En cada camellón se colocó la tubería de goteo y posteriormente se cubrió con acolchado de polietileno negro de 50 μ de espesor y 0,80 m de ancho. Los tratamientos se aplicaron en parcelas, cada parcela constituyó una repetición. Dentro de las mismas los tratamientos con asociación se dispusieron en tresbolillo con cuatro plantas de tomate y cuatro plantas antagónicas y en el tratamiento sin asociación se trasplantaron solo las cuatro plantas de tomate. El espaciamiento entre hileras fue de 1,1m, entre parcelas de 0,5 m y entre plantas de 0,40 m (Figura 3: A-E).

Transcurridos 120 días desde el trasplante, se determinaron el número de tomates cosechado por planta y el peso de tomate por planta.

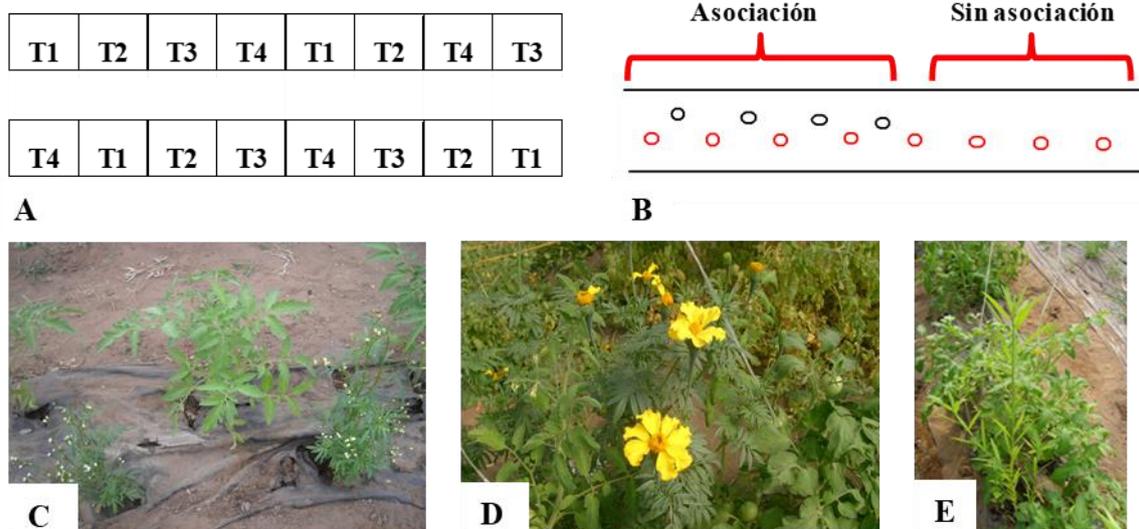


Figure 3: **A**, Distribution of treatments on both ridges; **B**, distribution within the plots: round black antagonistic species and round red tomato; **C**, *Tagetes minuta* + tomato; **D**, *Tagetes erecta* + tomato; **E**, *Crotalaria juncea* + tomato. Argentine. Source: Rosetti, F. 2014.

Figura 3: **A**, Distribución de los tratamientos en ambos camellones; **B**, distribución dentro de las parcelas: círculo negro especie antagonista y círculo rojo tomate. **C**, *Tagetes minuta* + tomate; **D**, *Tagetes erecta* + tomate; **E**, *Crotalaria juncea* + tomate. Argentina. Fuente: Rosetti, F. 2014.

2.3. Análisis estadístico:

Los datos se analizaron mediante ANOVA y la comparación de medias por la Diferencia Mínima Significativa (DMS) de Fisher al 5% (Di Renzo *et al.*, 2017).

3. Resultados y discusión

3.1. Ensayo: Evaluación del índice de agallas:

En el ensayo en macetas el tratamiento de tomate en intercultivo con *T. erecta* mostró el menor índice de agallas, clasificándose como medio y diferenciándose del resto de los tratamientos (Figura 4). En este parámetro el intercultivo con *T. minuta* y *C. juncea* no se diferenciaron del control sin intercultivo.

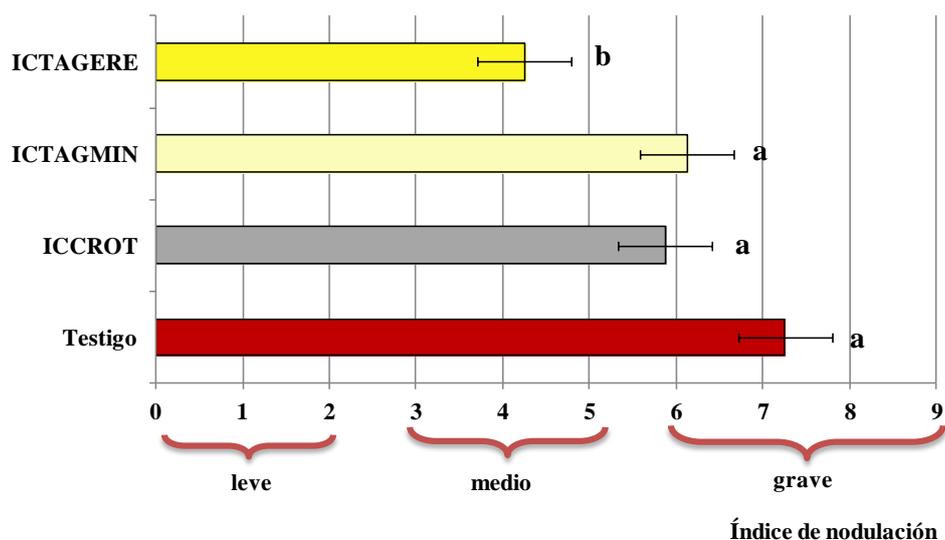


Figure 4: Effect of intercropping with antagonistic plants on the nodulation index of Bridge & Page (1980), according to the scale of 0-2: mild, 3-6: médium and 6-10: severe. Columns followed by the same letter do not differ for Fisher's LSD at 5%. Argentine, 2014.

Figura 4: Efecto del intercultivo con plantas antagonísticas sobre el índice de agallas de Bridge & Page (1980), según la escala de 0-2: leve, 3-6: medio y 6-10: grave. Columnas seguidas por la misma letra no difieren para DMS de Fisher al 5%. Argentina, 2014.

Referencias. Testigo: Tomate sin intercultivo. ICCROT: Intercultivo de tomate con *Crotalaria juncea*. ICTAGMIN: Intercultivo de tomate con *Tagetes minuta*. ICTAGERE: Intercultivo de tomate con *Tagetes erecta*.

Olabiya & Oyedunmade (2007), también obtuvieron un índice de agallas menor en plantas de poroto caupí (*Vigna unguiculata*) asociadas a *T. erecta*, aprovechando los exudados químicos de la raíz de la planta acumulados en el rizoplasma y la rizósfera del caupí y provocando la disminución de la población del nematodo. Rodríguez *et al.* (2011) concluyeron que, la liberación de compuestos alelopáticos a través de la volatilización o de la exudación de las raíces de *Tagetes* spp., persiste en el tiempo y después de cuatro meses, mantiene en el suelo sus propiedades alelopáticas provocando efectos supresores sobre la población de *Meloidogyne* sp.

En un ensayo de evaluación de varias especies de *Tagetes*, como antecesor del cultivo de tomate, se observó que el índice de agallas y el número de larvas del estadio J2 correspondientes al tratamiento de *T. erecta* fue significativamente menor que al del tomate como antecesor en las cuatro especies de *Meloidogyne* evaluadas (Ploeg, 1999). Murga-Gutiérrez (2007), estudiando los nematodos fitoparásitos asociados al cultivo de *T. erecta*, concluyó que, si bien *Meloidogyne* penetra en las raíces no se encontraron formas maduras con una producción adecuada de huevos, siendo incapaces de completar su ciclo de vida, por lo que no es un buen hospedador de este género de nematodos.

En el ensayo llevado a cabo, se observó que el tratamiento de asociación con *Tagetes minuta* obtuvo un índice de agallas grave en las raíces de tomate, incluso se encontraron agallas en sus propias raíces (Figura 5).



Figure 5: Galls caused by *Meloidogyne* spp., on roots of *Tagetes minuta*. Argentine. Source: Rosetti, F. 2014.

Figura 5: Agallas causadas por *Meloidogyne* spp., en raíces de *Tagetes minuta*. Argentina. Fuente: Rosetti, F. 2014.

Suárez *et al.* (2017) evaluaron diferentes proporciones de mezclas de plantas de *Glicine max* y *T. minuta*, encontraron que la densidad de agallas fue mayor en los tratamientos donde las plantas de *G. max* se encontraban en más de 50%. También encontraron sitios de alimentación no funcionales en las raíces de *T. minuta*, por lo que muchos de los individuos que penetran en la raíz no alcanzarían la madurez sexual. Además, observaron modificaciones en el mucilago que protege los huevos de la desecación, lo que explica la reducción del número de J1 y J2 de la segunda generación. Por su parte, Stroze *et al.*, (2018) concluyeron que *T. minuta* se comporta como resistente a *M. incognita*, mostrando un factor de reproducción muy bajo (0,02).

Murga-Gutiérrez *et al.* (2012) observaron que, en condiciones de invernadero el follaje de *T. minuta* adicionado como enmienda orgánica al 20, 35 y 50% al suelo de cultivo de plantas de *Capsicum annum* limita las agallas radicales ocasionada por *M. incognita*. Lo que sugiere su uso potencial en el control de este nematodo.

Además de la forma de incorporar *Tagetes* a la rotación es importante el efecto de los factores ambientales en la capacidad de supresión de *Meloidogyne* (Hooks, *et al.*, 2010). En el ensayo de macetas en el invernadero sólo se midió la temperatura del aire, pero estaría en un rango apropiado debido a una característica de las especies de *Tagetes* spp., que deben cultivarse a temperaturas del suelo superiores a 15 °C para suprimir la infección por *M. incognita* de un cultivo interplantado (Hooks, *et al.*, 2010).

Comparando el tratamiento donde el cultivo de tomate, se encontraba asociado a *C. juncea*, se observó una disminución en la cantidad de agallas en las raíces, aunque no defirió del intercultivo de tomate + *T. minuta* y del no asociado, siendo en los tres casos de un nivel grave. Bello *et al.* (2014), obtuvieron diferencias entre los tratamientos que evaluaron y concluyeron que el nivel más alto de supresión de nematodos en la planta de tomate, medido por índice de agallas, número de juveniles en el suelo y factor reproductivo se registró en el tratamiento con dos plantas de *C. juncea* por maceta. Claudius-Cole *et al.*, (2014) evaluaron varias especies de cobertura en ensayos de intercultivo con ñame (*Discoria* spp.) y observaron que los tubérculos cosechados de los tratamientos con *C. juncea* y *T. erecta* no presentaron síntomas de daño ocasionado por *M. incognita*.

Otros autores determinaron que *C. juncea* en número de 80 plantas m⁻² en asociación con tomate se comportó como una hospedera inadecuada reduciendo la población de *Meloidogyne* spp., en

el suelo en un 100% e incrementó la población de nematodos de vida libre (Giesbrecht Harder & Aquino Jara, 2009). Evaluando el uso de *Crotalaria rotusa* como abono verde en un cultivo de maracuyá (*Passiflora edulis*), Valiente Raidán & Aquino Jara (2008) observaron que produjo una reducción de un 96% en la población de *Meloidogyne* spp., en el suelo y estimuló el aumento de nematodos predadores en un 95%.

Curto, *et al.*, (2015) analizando el uso del cáñamo indio como abono verde y su aporte al manejo de *M. incógnita*, obtuvieron en ensayos en maceta y a campo una disminución significativa en la población de este nematodo con respecto al cultivo de tomate utilizado como control. Aplicando esta especie en forma de enmienda, Kankam *et al.*, (2015) observaron, en ensayos en parcelas, que redujo un 76% el índice de agallas en las plantas de tomate respecto al tratamiento control. Además, Patel & Dhillon (2017) en dos años sucesivos de estudio en macetas de un cultivo de berenjena revelaron que *C. juncea* como abono verde fue más eficaz en la reducción de infestación por *M. incógnita* (63%) en comparación con su utilización como enmienda (46%), a una dosis en ambos tratamientos, de 100-200 g kg suelo⁻¹.

3.2. Ensayo: Evaluación de los componentes de rendimiento:

La susceptibilidad o la resistencia de la planta a los nematodos del nudo de la raíz se evalúan según el número y el tamaño de las agallas, sin embargo, este parámetro no sería suficiente. Debe tenerse en cuenta, además, el efecto de la planta en el nematodo y sus descendientes y la respuesta de la planta al nematodo (Suárez *et al.*, 2017).

En el ensayo sobre los componentes de rendimiento, se observó que el número de frutos por planta de tomate aumento un 39% y 33 % en el intercultivo con *T. erecta* y *T. minuta*, respectivamente, mientras que fue sólo de un 7% para las plantas asociadas a *C. juncea* con respecto al testigo, sin intercultivo (Figura 6).

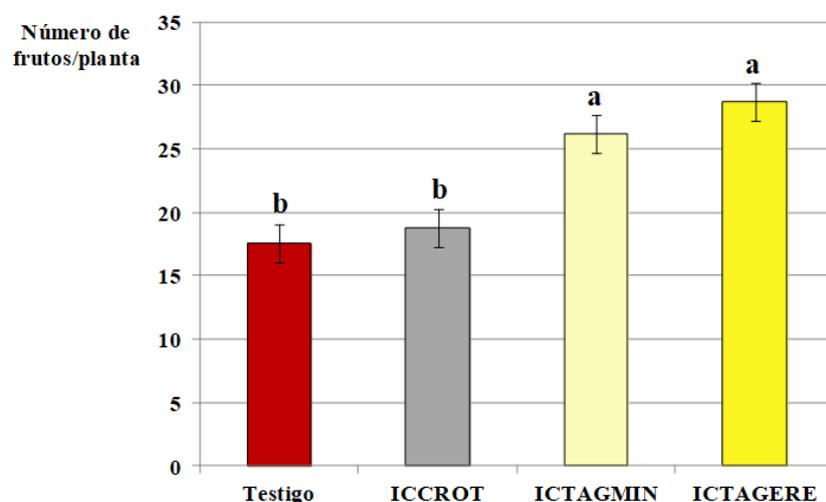


Figure 6: Effect of intercropping with antagonistic plants on the number of fruits per tomato plant. Columns followed by the same letter do not differ for Fisher's LSD at 5%. Argentina, 2014.

Figura 6: Efecto del intercultivo con plantas antagónicas sobre el número de frutos por planta de tomate. Columnas seguidas por la misma letra no difieren para DMS de Fisher al 5%. Argentina, 2014.

Referencias. Testigo: Tomate sin intercultivo. ICCROT: Intercultivo de tomate con *Crotalaria juncea*. ICTAGMIN: Intercultivo de tomate con *Tagetes minuta*. ICTAGERE: Intercultivo de tomate con *Tagetes erecta*.

No se observaron diferencias en el peso fresco de frutos por planta entre el testigo y el tratamiento de intercultivo con *C. juncea*. En cambio, este parámetro aumentó, respecto al testigo, un 34% y 21% si la planta de tomate estaba asociada con *T. erecta* o *T. minuta*, respectivamente (Figura 7). Los resultados obtenidos por Avelar-Mejía *et al.* (2018) en forma similar reflejan el efecto positivo que tuvieron las plantas de *T. erecta* situadas alternadamente con tomate, en el control de nematodos, en el desarrollo de la planta y en la producción de frutos, respecto al tratamiento testigo, la población de nematodos se redujo 188%, los racimos por planta se incrementaron 33 y 10% para el primer y segundo conteo, en los pesos por fruto el incremento fue de 18, 33 y 13% para la primera, segunda y tercera evaluación, respectivamente.

Los efectos de *T. erecta* plantada en el rizoplano y la rizosfera de poroto caupí fueron superiores sobre el rendimiento promedio de semilla por parcela, número de semillas por vaina y número de vainas por planta comparando con las plantas de caupí sin asociación (Olabiyi y Oyedunmade, 2007). También, se observó que el peso aéreo fue igual o mayor en plantas de tomate cultivadas con *T. erecta* como antecesor que las del tratamiento control sin inocular (Ploeg, 1999).

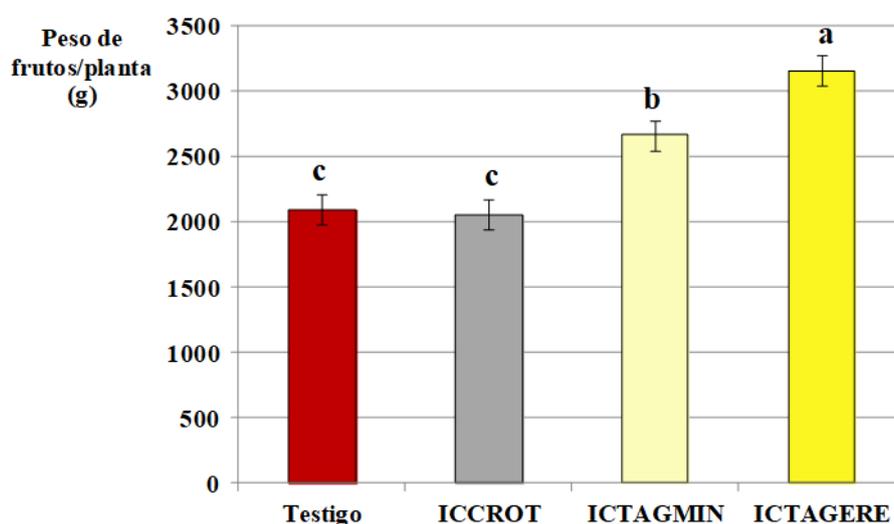


Figure 7: Effect of intercropping with antagonistic plants on fruit weight per tomato plant. Columns followed by the same letter do not differ for Fisher's LSD at 5%. Argentina, 2014.

Figura 7: Efecto del intercultivo con plantas antagónicas sobre el peso de frutos por planta de tomate. Columnas seguidas por la misma letra no difieren para DMS de Fisher al 5%. Argentina, 2014.

Referencias. Testigo: Tomate sin intercultivo. ICCROT: Intercultivo de tomate con *Crotalaria juncea*. ICTAGMIN: Intercultivo de tomate con *Tagetes minuta*. ICTAGERE: Intercultivo de tomate con *Tagetes erecta*.

El tratamiento de intercultivo con *C. juncea* no presentó diferencias ni en el número de tomates por planta ni en el peso de los frutos por planta de tomate respecto a las plantas de tomate sin asociación. También, Bello *et al.* (2014) determinaron que el número de frutos de plantas de tomate intercaladas con *C. juncea*, no mostraron diferencias significativas comparando con la carga de frutos de las plantas control. En cambio, Kankam *et al.*, (2015) aplicando *C. juncea* como enmienda obtuvieron un 43% más de rendimiento de tomate que en el testigo.

Olabiya & Oyedunmade (2007) sugieren incluir a esta especie en el esquema de rotación de cultivos, más que asociarlo con el cultivo susceptible a los nematodos. Además, como toda *Fabaceae*, *C. juncea* tiene la ventaja adicional de poder incrementar el contenido de nitrógeno orgánico en el suelo (Curto *et al.*, 2015). Wang *et al.* (2004), utilizando esta especie como enmienda en el cultivo de *Cucurbita pepo*, observaron un efecto variable sobre el crecimiento vegetal, la supresión de la infección de *M. incógnita* y el aumento de los nutrientes del suelo. La variabilidad en la respuesta a esta enmienda es atribuida a los factores edáficos y biológicos, incluyendo la historia del lote, la fertilidad del suelo y la población inicial de *M. incógnita*. Otro factor en la variabilidad en la respuesta puede ser la fijación biológica de nitrógeno. Irmer *et al.*, (2015) estudiando la biosíntesis de los alcaloides que contienen nitrógeno, como los compuestos monocrotalina y pirrolizidina vinculados a la toxicidad en nematodos, reportaron que la misma está restringida a los nódulos de las raíces de *Crotalaria*, generados por la simbiosis con rizobios. Por lo que sería importante tener en cuenta la inoculación y nodulación de *C. juncea* para ensayos futuros.

Aunque *C. juncea*, *T. erecta* y *T. minuta* han mostrado potencial para el manejo de nematodos agalladores se sugiere que su cultivo podría combinarse con otras estrategias. Por ejemplo, la solarización es una estrategia posible de integrar con el cultivo de plantas antagonistas, estas prácticas de manejo podrían ser complementarias y provocar una mayor mortalidad de nematodos que cualquiera de los dos métodos por separado. Es decir, la integración de estrategias de manejo podría tener un impacto sinérgico en la supresión de nematodos fitopatógenos. Sin embargo, estas alternativas recibieron una atención limitada y es necesario seguir investigando y realizar tareas de extensión para promover su uso (Hook, *et al.*, 2010).

Muchos programas de manejo de nematodos tienen consecuencias sociales, económicas y medioambientales potencialmente adversas. Tales consecuencias pueden evitarse solo si se usan estrategias que tengan objetivos a largo plazo. Generalmente las tácticas de control tienen objetivos a corto plazo como la inmediata reducción de la densidad de población del nematodo por nematicidas durante una sola estación, maximizando el beneficio. El reconocimiento de objetivos a largo plazo contribuirá a mantener la calidad ambiental, a preservar el valor de las fuentes de resistencia conocidas en plantas cultivadas, asegurará la efectividad de los productos nematicidas disponibles y la disminución de las pérdidas económicas sufridas por los productores optimizando el beneficio a largo plazo (Andrés, 2002).

4. Conclusión

En las condiciones de este ensayo, el intercultivo de tomate con *T. erecta* mostró ser una buena alternativa de manejo de *Meloidogyne* spp., disminuyendo las agallas en el cultivo susceptible y aumentando el número y peso de frutos respecto al control sin intercultivo. Es necesario seguir investigando estas especies antagonistas para determinar las posibles formas de incorporación, las variables que intervienen en su eficiencia y la integración con otras estrategias de manejo. La asociación de cultivos antagonistas con cultivos susceptibles a nematodos fitoparásitos contribuye a disminuir la utilización de fitosanitarios, con el efecto positivo que trae aparejado para el medio ambiente, y a la obtención de un producto hortícola de mayor inocuidad para el consumo.

5. Bibliografía

- Andrés, M. F. 2002. Estrategia en el control y manejo de nematodos fitoparásitos. Ciencia y Medio Ambiente. CCMA-CSIC: 221-227.
- Armendáriz, I.; Quiña, D.; Ríos, M. & Landázuri, P. 2015. Nematodos fitopatógenos y sus estrategias de control. Comisión editorial de la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE, Ecuador. 87 pp. (<https://www.researchgate.net/publication/284185706>).
- Avelar Mejía, J. J.; Lara Herrera, A. & Llamas Llamas, J. J. 2018. Alternativas física, química y natural para controlar *Meloidogyne* spp. en tomate de invernadero. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. Vol. Especial (20): 4115- 4125.
- Bello, T. Tesleem; Fawole, B. & Claudius-Cole, A. 2014. Management of root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.) on tomato using antagonistic plants. Journal of Biology Agriculture and Healthcare. Vol. 4 (24): 97-100.
- Bridge, J. & Page, S. L. J. 1980. Estimation of root-knot nematodes infestation levels using a rating chart. Tropical Pest Management. 26, 296-298. (<https://doi.org/10.1080/09670878009414416>)
- Claudius Cole, A.; Fawole, B.; Robert, A. & Coyne, D. L. 2014. Management of *Meloidogyne incognita* in yam-based cropping systems with cover crops. Crop Protection. 63. 97–102. 10.1016/j.cropro.2014.05.011.
- Curto, G.; Dallavalle, E; Santi, R.; Casadei, N.; D'Avino, L. & Lazzeri, L. 2015. The potential of *Crotalaria juncea* L. as summer green manure crop in comparison to *Brassicaceae* catch crops for management of *Meloidogyne incognita* in the Mediterranean area. European Journal of Plant Pathology. 142:829-841.
- Cussa, L. 2017. Toxicidad del aceite esencial de *Tagetes minuta* L. (*Asteraceae*) obtenido de poblaciones silvestres y cultivadas. Trabajo de tesina para optar el título de Bióloga, Facultad de Ciencias Médicas, Universidad Nacional de Córdoba. 69 pp.
- Di Rienzo, J. A.; Casanoves, F.; Balzarini, M. G.; Gonzalez, L.; Tablada, M. & Robledo C.W. InfoStat versión 2017. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. (<http://www.infostat.com.ar>)
- Giesbrecht Harder, S. B. & Aquino Jara, A. S. 2009. Control alternativo de nematodos en el cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), en condiciones de invernadero. Investigación Agraria 11(1): 29-35.
- Gómez Rodríguez, O. & Zavaleta-Mejia, E. 2001. La asociación de cultivos una estrategia más para el manejo de enfermedades, en particular con *Tagetes* spp., Revista Mexicana de Fitopatología 19(1): 94-99.
- Grubišić, D.; Uroić, G.; Ivošević, A. & Grdiša, M. 2018. Nematode control by the use of antagonistic plants. Agriculturae Conspectus Scientificus. 83(4):269-275.
- Hooks, C. R. R.; Wang, K. H; Ploeg, A & MacSorley, R. 2010. Using marigold (*Tagetes* spp.) as a cover crop to protect crops from plant parasitic nematodes. Applied Soil Ecology 46:307-320.
- Irmer, Simon.; Podzun, N.; Langel, D.; Heidemann, F.; Kaltenecker, E.; Schemmerling, B.; Geilfus, C.M.; Zörb, C. & Ober, D. (2015). New aspect of plant–rhizobia interaction: Alkaloid biosynthesis in *Crotalaria* depends on nodulation. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. 112. 10.1073/pnas.1423457112.

- Kankam, F.; Suen, F & Adomako, J. (2015). Nematicidal effect of sunn hemp (*Crotalaria juncea*) leaf residues on *Meloidogyne incognita* attacking tomato (*Solanum lycopersicum*) roots. *Crop Protection*. 241-246.
- Murga-Gutiérrez, S. N. 2007. Nematodos fitoparásitos asociados al cultivo de *Tagetes erecta* en el distrito Virú, La Libertad, Perú. *Neotropical Helminthology* 1(1):15-20.
- Murga Gutiérrez, S. N.; Alvarado Ibáñez, J. C. & Vera Obando, N. Y. 2012. Efecto del follaje de *Tagetes minuta* sobre la nodulación radicular de *Meloidogyne incognita* en *Capsicum annuum*, en invernadero. *Revista Peruana de Biología* 19(3): 257-260.
- Olabiya, T. I. & Oyedunmade, E. E. A. 2007. Maringold (*Tagetes erecta* L.) as interplant with cowpea for the control of nematode pests. *African Crop Science Conference Proceedings*, vol.8: 1075-1078.
- Patel, S. & Dhillon, N. K. 2017. Evaluation of sunnhemp (*Crotalaria juncea*) as green manure/amendment and its biomass content on root knot nematode (*Meloidogyne incognita*) in successive crop brinjal. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 5(6): 716-720.
- Piedra Buena, A.; Diez Rojo, M. A.; López Pérez, J. A.; Robertson, L.; Escuer, M. & Bello, A. 2008. Screening of *Tagetes patula* L. on different populatios of *Meloidogyne*. *Crop Protection* 27: 96-100.
- Ploeg, A. T. 1999. Greenhouse studies on the effect of maringolds (*Tagetes* spp.) on four *Meloidogyne* species. *Journal of Nematology* 31(1): 62-69.
- Rodríguez, R. A.; Ayastuy, M. E.; Miglierina A. M.; Lobartini, J. C. & Teruel, E. 2011. Evaluación de la persistencia de métodos de control de nematodos fitoparásitos en el sur bonaerense. *Horticultura Argentina (Edición digital)* 30 (73) *Horticultura: 70-210* (resumen) (<http://www.horticulturaar.com.ar>).
- Shurtleff, M. C. & Averre III, Ch. W. 2000. *Diagnosing plant diseases caused by nematodes*. APS Press, 187 pp.
- SINAVIMO (Sistema Nacional Argentino de Vigilancia y Monitoreo de Plagas). 2020. (<https://www.sinavimo.gov.ar/cultivos/crotalaria-juncea>)
- Stroze, C.; Baida, F.; Balbi Peña, M.; Dias Arieira, C. & Santiago, D. (2018). *Tagetes minuta* propagation and interaction with nematode. *Journal of Agricultural Science*. 11. 139.
- Suárez, S. A.; Gil, A.; de la Fuente, E.; Tordable, M. del C. & Ghera, Cl. M. 2017. Efecto de diferentes proporciones de *Tagetes minuta* y *Glycine max* sobre *Meloidogyne incognita*. *Ecología Austral* 27(2). Versión on-line. ISSN 1667-782x.
- Valiente Raidán, H. N. & Aquino Jara, A. S. 2008. Efecto de abonos verdes sobre la dinámica poblacional de nematodos fitoparásitos y predadores, en el cultivo de mburucuja (*Passiflora edulis*). *Investigación Agraria* 10(2): 29-36.
- Wang, K.; McSorley, R & Gallaher, R. N. 2004. Effect of *Crotalaria juncea* amendment on squash infected with *Meloidogyne incognita*. *Journal of Nematology* 36 (3): 290-269.

Horticultura Argentina es licenciado bajo Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial 2.5 Argentina.