

Universidad Nacional de la Plata
Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales



TRABAJO FINAL

**EVALUACION DE TRATAMIENTOS DE BIOFUMIGACION
COMBINADOS CON PLANTAS INJERTADAS PARA EL
CONTROL DE *Nacobbus aberrans* EN TOMATE BAJO
CUBIERTA**

Alumnos:

- BOMPADRE, ESTEBAN NICOLAS
- VERGAGNI SARALEGUI, DARDO LEANDRO

Director: Ing. Agr. Susana Martínez

Co director: Ing. Agr. Gabriela Morelli

Fecha de entrega: Mayo 2018

INDICE

AGRADECIMIENTOS.....	3
RESUMEN.....	4
INTRODUCCION.....	6
MATERIALES Y METODOS.....	11
RESULTADOS Y DISCUSION.....	13
CONCLUSIONES.....	17
BIBLIOGRAFIA.....	18
ANEXO.....	23

AGRADECIMIENTOS

A los familiares y amigos.

A las profesoras que nos acompañaron a transitar esta etapa: Ing. Agr. Susana Martinez, Ing. Agr. Gabriela Morelli, Ing. Agr. Mariana Garbi.

Dedicado especial y afectuosamente al Señor Pio Vilca, quien supo transmitirnos su conocimiento y pasión por la horticultura

RESUMEN

El trabajo tuvo como objetivo evaluar la efectividad de la biofumigación con estiércol o brócoli sobre la disminución de la cantidad de nemátodos en el suelo y la respuesta de distintas combinaciones estiéricas de tomate sobre el crecimiento y producción inicial del cultivo. El ensayo se llevó a cabo en un invernáculo de la Estación Experimental “Julio Hirschhorn” (FCAyF, UNLP), La Plata. Se realizó biofumigación con brócoli y con estiércol, incorporando 5000 g.m⁻² de material al suelo, durante 15 días, registrando la temperatura del suelo a 5 cm de profundidad. Se cuantificó la cantidad de nemátodos en el suelo, antes y después de cada tratamiento de biofumigación. Se trasplantaron los híbridos: Elpida, Lapataia, Sivinar y Yigido injertados sobre T-249, Agadir, Armstrong, Arnold, Efialto, Optifort, Maxifort, Multifort y sin injertar (testigos). En los plantines se determinó el índice de esbeltez (relación entre altura total de la planta y diámetro al nivel del cuello). Después del trasplante se registró la altura del tallo a los 60 días, número de hojas emitidas hasta la aparición del primer racimo y el rendimiento en frutos de las 3 primeras coronas. El diseño experimental fue en fajas, con 3 repeticiones y los datos se sometieron a análisis de la varianza, evaluando las diferencias entre medias por el test de Tukey. La biofumigación con estiércol incrementó la temperatura del suelo en 1,55 °C respecto al brócoli, siendo ambos tratamientos efectivos para controlar la presencia de nemátodos en suelo. Todos los plantines presentaron un índice de esbeltez equivalente, siendo de buena calidad para el trasplante. La altura de las plantas fue afectada por la interacción biofumigación x combinación estiérica, sin diferencias significativas entre materiales vegetales en la biofumigación con brócoli y con una menor altura de Yigido sin injertar en suelo biofumigado con estiércol. Lapataia-Optifort fue más precoz y T249-Elpida presentó menor rendimiento en ambos tratamientos de biofumigación. El uso combinado de desinfección del suelo por biofumigación y de plantas de tomate injertados

permitió obtener respuestas equivalentes a las logradas en la producción convencional, utilizando prácticas más sustentables.

INTRODUCCIÓN

El tomate *Solanum lycopersicon* L. (su denominación anterior, *Lycopersicum esculentum* Mill., es aun ampliamente utilizada), se encuentra dentro de los productos hortícolas más importantes por su consumo, superficie en producción y por la tecnología e investigación desarrollada. En Argentina, el tomate ocupa unas 25.000 ha, con rendimientos que oscilan entre 1,6 a 3 kg/planta a campo, y 4 a 6 kg/planta en invernadero (Argerich, 1995). La producción hortícola, por otra parte, constituye una de las principales actividades económicas del Partido de La Plata, Provincia de Buenos Aires, y el nivel de consumo de tomate en Argentina asciende a 14 kg en fresco y 9 kg de manera industrializada por habitante/año.

El tomate es una planta herbácea, perenne, que se comporta como anual debido a que la afectan tanto las sequias como las heladas. El patrón de crecimiento puede ser de tipo determinado o indeterminado. Dicho cultivo se realiza bajo sistemas de explotación continua de ciclo corto con excesivas labranzas, que pueden conducir al deterioro del suelo y aparición de impedancias que limitan la exploración radicular. En este contexto productivo, toma relevancia la búsqueda de alternativas para el tratamiento de adversidades que provocan daños en el cultivo ocasionando pérdidas de rendimiento.

Los nemátodos (Animalia: Nematoda) son organismos microscópicos presentes en el suelo, que se alimentan y desarrollan en las raíces y raicillas de los cultivos, ocasionando serios daños en la planta, produciendo pérdidas considerables en los rendimientos (González, 2002) y constituyen una importante problemática debido al monocultivo, la ineficacia de los métodos de desinfección del suelo y herramientas utilizadas (Argerich y Troilo, 2011).

El control de nemátodos resulta complejo, dada la dificultad para lograr su total erradicación. Actualmente, el control se basa en el uso de fumigantes y nematicidas. Entre los primeros, el bromuro de metilo ha sido la alternativa más utilizada desde 1940 (Gilreath *et al.*, 2003; Verdejo y Mc Kenry, 2004), Argentina se comprometió a eliminar definitivamente el consumo de bromuro de metilo en usos controlados para el 1 de enero de 2015 (Programa de las Naciones Unidas para el medio ambiente). El Convenio de Viena y el Protocolo de Montreal, vigentes desde 1988 y 1989 respectivamente, con sus enmiendas, tienen por objeto proteger la capa de ozono de las alteraciones causadas por la actividad humana. Así, mientras en el Convenio se recomienda hacer investigaciones sobre el agotamiento de la capa de ozono, sus causas y sus efectos adversos, en el Protocolo se establecen restricciones a la producción, consumo y comercio de las sustancias que agotan la capa de Ozono (SAO's). Estas sustancias son básicamente, los Cloro-fluoro-carbonados (CFC's), los Halones (ambos usados en la industria) y el Bromuro de Metilo (BM).

Mediante el acuerdo plasmado en el Protocolo de Montreal, base práctica sobre la cual actúan los países suscriptores de ambos tratados, se ha acordado la eliminación paulatina de todas las SAO's, dentro de las cuales se encuentra el BM, ampliamente difundido como desinfectante de suelo y sustratos en la agricultura intensiva. Argentina ratificó ambos convenios y sus enmiendas, por lo cual asume internacionalmente la obligación de implementar acciones tendientes a proteger el medio ambiente y reconvertir los sectores que utilizan SAO's en sus procesos productivos, para controlar equitativamente las emisiones mundiales totales de las mismas, con el objetivo final de eliminarlas, sobre la base de conocimientos científicos (Fernández *et al.*, 2005).

Actualmente en el país se continua utilizando el BM y por ello se encuentra en funciones el proyecto "Tierra Sana" conducido por el INTA con el apoyo de la Organización de las

Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI) que impulsa la reconversión tecnológica de los productores de frutilla, hortalizas bajo cubierta y ornamentales a fin de reemplazar el Bromuro de Metilo en la desinfección de los suelos y sustratos. (Proyecto Tierra Sana, 2018)

Una alternativa al bromuro de metilo, es la solarización, que consiste en el calentamiento del suelo a través de la radiación solar, y permite alcanzar temperaturas de 36 a 50 °C en los primeros 30 cm de profundidad. El efecto de esta técnica puede atribuirse a las elevadas temperaturas alcanzadas, pero también a la generación de compuestos volátiles tóxicos que mejoran el control de los patógenos, y su efectividad depende de las características físicas del suelo, del polietileno que se use como cobertura y factores de tipo climático (Argerich y Troilo, 2011). La solarización puede combinarse con la descomposición de la materia orgánica agregada al suelo que libera compuestos con efecto biocida. Este método se conoce como biofumigación y se ha definido como la acción de las sustancias volátiles producidas en la biodescomposición de la materia orgánica en el control de los patógenos de las plantas (Bello *et al.*, 2000). Se ha comprobado que, por lo general, cualquier tipo de materia orgánica puede actuar como biofumigante, dependiendo su eficacia de la dosis y del método de aplicación (Bello *et al.*, 2000). La técnica consiste en incorporar restos vegetales o estiércol al suelo con humedad suficiente y luego cubrirlo con polietileno transparente para incrementar su temperatura y retener los gases emanados por la descomposición. Esta práctica incrementa su eficacia en el tiempo, cuando forma parte de un sistema de producción integrada.

Por otro lado, la biofumigación actúa en profundidad resolviendo problemas, como en el caso de los nemátodos, de dinámica vertical, que son comunes en los organismos

móviles y que tienen lugar al aumentar la temperatura del suelo como ocurre con las técnicas de solarización (Bello *et al.*, 2002).

Las especies vegetales más utilizadas son las crucíferas, que al descomponerse liberan metil-isotiocianato y amonio que resultan nocivos para un gran espectro de patógenos.

La biofumigación ha sido efectiva para reducir la población de patógenos del suelo en tomate, observándose mayor sanidad en el sistema radical de plantas cultivadas sobre suelo biofumigado que sobre el suelo sin tratamiento, así como en los rendimientos obtenidos (Mitidieri *et al.*, 2011b; Argerich y Troilo, 2011).

Otra práctica sustentable para el manejo de enfermedades e incremento de la productividad es el uso de portainjertos, eficaces para el control de patógenos radiculares, como *Fusarium oxysporum* y nemátodos (*Meloidogyne spp.*) (Ozores-Hampton *et al.*, 2010). La producción de injertos en hortalizas se inició en 1920, pero adquirió relevancia en 1960 cuando se usaron en la producción comercial de berenjenas (Lee, 1994; Oda, 1999). Esta tecnología fue practicada exitosamente en solanáceas y cucurbitáceas (berenjena, tomate, pimientos, sandía, pepino y melón), particularmente en Asia (Japón, Corea, China e Israel) y países mediterráneos (España, Italia, Turquía y Marruecos) (Lee y Oda, 2003, Lee, 2007; Leonardi y Romano, 2004; Oda, 2007).

El uso comercial de injertos en tomate data de 1960, aunque su adopción más generalizada ocurrió en Europa a principios de la década del 90 y más tardíamente en América del Norte, con la simplificación de las técnicas de injertación y la aparición de portainjertos con características deseables compatibles con variedades productivas. En la actualidad se trata de una práctica cada vez más común en distintos lugares del mundo (Kubota, 2008; Öztekin *et al.*, 2009). En Argentina, el interés por esta práctica se inicia a partir de la inminente prohibición del uso del bromuro de metilo como fumigante del suelo

y la importancia creciente que presenta la reducción del uso de productos de síntesis químicas en las producciones periurbanas, en las que se busca reducir el impacto ambiental de las prácticas que se utilizan y lograr una mayor inocuidad en los alimentos (Martinez *et al.*, 2014).

El injerto de hortalizas ha mejorado la tolerancia a condiciones estresantes, como también al aumento en la absorción de agua y nutrientes, resultando en un crecimiento vigoroso, incrementos de rendimiento y mayor vida post-cosecha de la fruta (Lee y Oda, 2003; Ozores Hampton *et al.*, 2010).

Las plantas injertadas de tomate mejoran la respuesta a condiciones de salinidad en el suelo o el agua de riego y a condiciones ambientales poco favorables (Khah *et al.*, 2006; Balliu *et al.*, 2008; Öztekin *et al.*, 2009). Miskovic *et al.* (2009) observaron incrementos en el rendimiento en plantas injertadas, respecto a plantas sin injertar; Forns *et al.* (2007) obtuvieron también una respuesta favorable sobre el vigor y rendimiento, y Andreau *et al.* (2009) observaron mayor crecimiento relativo, rendimiento total y tamaño de fruto en plantas injertadas, respecto al testigo. Una adecuada combinación estiónica puede actuar también limitando los efectos de *Fusarium oxysporum* (Lee, 1994), retrasando la aparición de síntomas de *Verticillium dahliae* (Paplomatas *et al.*, 2002) y aumentando la tolerancia a nemátodos, como fue observado por Mitidieri *et al.* (2011a) al evaluar distintas combinaciones pie-copa en un suelo infectado artificialmente con *N. aberrans*.

HIPÓTESIS

La biofumigación resulta una técnica efectiva para la disminución de la densidad poblacional de nemátodos (*N. aberrans*). El efecto de las distintas combinaciones

estiónicas de híbridos comerciales de tomate se diferencia en las primeras etapas de crecimiento y desarrollo.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de la biofumigación con estiércol y con brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) sobre la densidad poblacional de nemátodos y el efecto de las diferentes combinaciones estiónicas sobre la precocidad y el rendimiento inicial.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Diferenciar el efecto de la biofumigación con brócoli o estiércol sobre la población final de nemátodos en el suelo.

Registrar las temperaturas de suelo en cada tratamiento de biofumigación.

Evaluar el efecto del tratamiento de biofumigación sobre la precocidad y producción inicial de las plantas.

MATRIALES Y MÉTODOS

El ensayo se llevó a cabo en la ciudad de La Plata, Buenos Aires, Argentina (34°58' S; 57°54' W), en un invernáculo ubicado en la Estación Experimental "Julio Hirschhorn", perteneciente a la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (UNLP). El suelo del invernadero (previo al planteo del ensayo) fue biofumigado con brócoli (5 kg.m⁻² de suelo). En abril de 2012, se condujo un cultivo del tomate cv. Elpida (Enza Zaden®) con plantas injertadas sobre los pies Maxifort, Arnold y Armstrong, que se finalizó en febrero de 2013.

Previo a la implantación del ensayo motivo de este trabajo, se extrajeron muestras de suelo que fueron enviadas a un laboratorio especializado para contabilizar la nematofauna presente, aplicando la técnica descrita por Cap (1991). Los tratamientos del suelo consistieron en: a) biofumigación con brócoli y b) biofumigación con estiércol de ave (cama de pollo). En ambos tratamientos se incorporaron 5000 g.m^{-2} de material (generado *ex situ*), humedeciendo el suelo a capacidad de campo y cubriéndolo con un polietileno transparente de $50 \mu\text{m}$, manteniéndolos en esta condición durante 15 días, entre el 12/09/2013 y el 27/09/2013. Durante el periodo de biofumigación, se registró la temperatura del suelo a 5 cm de profundidad con un Data Logger X400 con sensores PT 940.

El 1/10/2013 se trasplantaron las siguientes combinaciones de copa y portainjertos: Elpida, Lapataia, Sivinar y Yigido injertadas sobre los siguientes portainjertos: T-249, Agadir, Armstrong, Arnold, Efialto, Optifort, Maxifort, Multifort y los respectivos testigos sin injertar. De esta forma, para cada tratamiento de biofumigación quedaron establecidas 32 combinaciones posibles y cuatro testigos. Los plantines fueron provistos por una plantinera comercial de la zona, asegurando la sanidad de las plantas injertadas. Se les determinó el índice de esbeltez de Schmidt-Vogt (IE) (Schmidt- Vogt, 1980), que establece la relación entre la altura total de la planta y su diámetro al nivel del cuello. Durante el cultivo se llevaron a cabo las prácticas culturales utilizadas habitualmente en la zona. Se adoptó una forma de conducción elegida en base a experiencias previas realizadas por Morelli *et al.* (2009): las plantas sin injertar se condujeron a una rama con una densidad de 2 plantas.m^{-2} y las plantas injertadas a dos ramas y 1 planta.m^{-2} .

Durante la conducción del ensayo, se registró altura del tallo 60 días después del trasplante, por medición directa de la rama principal desde el cuello de la planta hasta el ápice, como indicador de crecimiento. Como indicador de precocidad se computó el

número de hojas emitidas hasta la aparición del primer racimo (Argerich, 1995). La producción inicial se evaluó registrando el rendimiento en frutos de las 3 primeras cosechas.

Se utilizó un diseño experimental en fajas, con 3 repeticiones. Cada tratamiento de biofumigación se realizó en 2 fajas de 35 m de largo, dentro de las cuales se distribuyeron las 32 combinaciones estiónicas y los 4 testigos. La unidad experimental quedó conformada en parcelas de 1,5 m de largo con 6 plantas cada una en los testigos sin injertar (0,25 m entre plantas) y 3 plantas por parcela en los tratamientos injertados (0,50 m entre plantas).

Los datos se sometieron a análisis de la varianza, evaluando las diferencias entre medias por el test de Tukey ($p=0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSION

El índice de esbeltez permite evaluar la calidad del plantín, condición importante para una adecuada respuesta postrasplante. Elpida, Lapataia y Yígido presentaron índices de esbeltez inferiores a 1, al igual que las combinaciones Optifort-Elpida y Multifort-Yígido; siendo la combinación Arnold-Yígido la que presentó el máximo índice, con un valor de 1,23 (Tabla 1, aquí). Valores altos de este índice son indicativos de una planta más robusta y con menos probabilidad de sufrir daños posteriores al trasplante (Toral, 1997). Cabe destacar que en la evaluación del cultivo luego del trasplante se observó que todos los tratamientos presentaron un comportamiento satisfactorio.

La biofumigación con estiércol produjo un incremento significativo de la temperatura media alcanzada en el suelo, superando en 1,55°C a la temperatura obtenida mediante la

incorporación de brócoli (Tabla 2, aquí). Ambos tratamientos fueron efectivos para controlar la presencia de nemátodos en suelo, aunque no se logró la eliminación total de los mismos (Gráfico 1, aquí). La población inicial antes de los tratamientos era de 3 nemátodos por cm^3 de suelo y 3.200 nemátodos por gramo de raíz en las plantas extraídas del cultivo anterior.

Gómez *et al.* (2006), comparando la efectividad de follaje de *Azardichta indica*, follaje de *Tagetes erecta* y residuos de la industria azucarera para el control de *Meloidogyne incognita* por biofumigación durante 21 días en un cultivo de tomate, observaron una disminución en la población del nemátodo y un menor índice de agallamiento 60 días después del trasplante, aunque, en coincidencia con este trabajo, no alcanzaron la eliminación total del patógeno. Resultados similares se observaron cuando la biofumigación fue realizada con estiércol vacuno (10 kg.m^{-2}) durante 21 días (Gómez *et al.*, 2010). La efectividad de la biofumigación para incrementar el porcentaje de desinfección de un suelo o sustrato está en relación al tiempo de duración del tratamiento, como observaron Vilaseca *et al.* (2006) aplicando tratamientos de biofumigación, en los que alcanzaron temperaturas de $25 \text{ }^\circ\text{C}$ en periodos crecientes de 6 a 7 semanas para el control del virus del mosaico del tomate (ToMV). De esta manera, en las condiciones de ensayo, la presencia de nemátodos en el suelo luego de la biofumigación con incorporación de estiércol o brócoli podría deberse al breve lapso de duración del tratamiento (15 días), pudiendo incrementarse su efectividad con la prolongación del mismo.

El vigor de las distintas combinaciones estiónicas, medido por el crecimiento en altura de la rama principal, fue significativamente modificado por la interacción entre el tratamiento de biofumigación aplicado al suelo y la combinación pie-copa. Cuando la biofumigación se realizó mediante la incorporación de brócoli, no se observaron diferencias en la altura

alcanzada por la rama principal de las distintas combinaciones ni en referencia a los testigos sin injertar; mientras que con la incorporación de estiércol, Yigido sin injertar presentó una altura significativamente menor que Lapataia sin injertar y que la mayoría de las combinaciones estiéricas ensayadas. Comparando el efecto del tipo de biofumigación para un mismo material vegetal, se observó que Lapataia sin injertar, Elpida injertado sobre Arnold y la combinación Optifort-Sivinar alcanzaron mayor altura cuando se los cultivó sobre suelo biofumigado con estiércol, mientras que T-249-Elpida lo hizo en suelo biofumigado con brócoli (Tabla 3, aquí). Ortiz Morales y Guel Grimaldo (2014) reportaron que la biofumigación con brócoli (en ausencia de estiércol) produjo un incremento significativo en la altura de plantas de tomate sin injertar. Mientras que López-Elías *et al.* (2014) encontraron que en cultivos de sandía (*Citrulus lanatus* (Thumb.) Matsum & Nakai) la biofumigación con esta crucífera, sola o en combinación con la solarización, promovió la absorción de nitrógeno, zinc y manganeso, permitiendo también reducir la fertilización con fósforo y potasio. Esta respuesta al efecto del brócoli en el suelo puede ser la razón de que no se hayan observado diferencias entre las plantas injertadas y sin injertar. Por otra parte, el uso de estiércol para la biofumigación mejoró las características físicas y químicas del suelo en un cultivo de tomate, favoreciendo la reducción del uso de fertilizantes de síntesis química (De León *et al.*, 2000), lo que se pudo potenciar con el mayor desarrollo del sistema radical que se observa en plantas injertadas, que incrementa la eficiencia de la planta para la absorción de agua y nutrientes, aumentando su vigor general, característica que depende también de la combinación pie-copa que se utilice (Ozores-Hampton *et al.*, 2010; Oztekin *et al.*, 2009).

Considerando que en tomate un menor número de hojas a primer racimo es un indicador de precocidad (Argerich, 1995), el híbrido Lapataia injertado sobre Optifort presentó la mejor respuesta, diferenciándose significativamente Elpida, cuando se lo injertó sobre

Armstrong o Multifort, que se comportó como menos precoz (Tabla 4, aquí) siendo el promedio de todos los tratamientos 8,71 hojas . El material incorporado al suelo para la biofumigación o su interacción con las distintas combinaciones estiónicas no modificaron la respuesta de esta variable. Por experiencias anteriores, puede considerarse que Elpida presenta una tendencia a retrasar la ocurrencia de sus etapas fenológicas cuando se los injerta sobre determinados pies, como observaron Martínez *et al.* (2014 y 2015) al evaluar esta variable en Elpida injertado sobre Maxifort.

Los tratamientos de injerto presentaron un rendimiento diferencial, según el tratamiento de biofumigación aplicado al suelo. La combinación T249–Elpida presentó el menor rendimiento en ambos tratamientos de suelo, diferenciándose de Yigido sin injertar en suelo biofumigado con brócoli y de las combinaciones de Sivinar injertado sobre Efialto, Arnold, Optifort y Maxifort, Elpida injertado sobre Arnold o Efialto y Lapataia sobre Efialto en suelo biofumigado con estiércol (Tabla 5, aquí). Cada combinación estiónica puede incidir en forma diferencial sobre el rendimiento en frutos de un cultivo, como fue registrado en trabajos realizados por Hoyos Echevarria *et al.* (2012) y Mišković *et al.* (2009), quienes también observaron incrementos significativos en la productividad de las plantas injertadas, respecto a híbridos sin injertar. El hecho de que en este trabajo no existan diferencias destacables en la productividad de las plantas injertadas respecto a los híbridos sin injertar puede deberse a que los tratamientos de biofumigación fueron efectivos para controlar problemas sanitarios en el suelo, sin manifestarse la ventaja de utilizar pies tolerantes o resistentes sobre esta variable. Dado que cuando el pie Maxifort se utilizó en un suelo infestado naturalmente con *Nacobus aberrans*, en combinación con los híbridos Griffy o Torry, presentó un rendimiento total significativamente superior y también en frutos de primera categoría (peso mayor a 150 g) que los mismos híbridos sin injertar y que su combinación con Elpida (Ducasse, 2014). Cabe destacar que por

cuestiones meteorológicas durante el transcurso del ensayo solo pudieron realizarse tres cosechas, esto pudo haber impedido que los diversos tratamientos expresaran todo su potencial e incluso el menor rendimiento registrado en T249–Elpida.

CONCLUSIONES

Plantines injertados y sin injertar, con un índice de esbeltez en el rango de 0,82 a 1,23 presentaron adecuado comportamiento postransplante, sin registrarse fallas que pudieran atribuirse a las características de la planta.

El tratamiento de biofumigación con estiércol produjo una elevación superior en la temperatura media del suelo.

Tanto la biofumigación con estiércol como con brócoli disminuyeron la cantidad de nemátodos presentes en el suelo, pero no produjeron la eliminación total de los mismos.

La altura de las plantas fue afectada por la interacción entre tratamiento de biofumigación y combinación estiérica, sin diferencias entre materiales vegetales en la biofumigación con brócoli y con una menor altura de Yigido sin injertar en el suelo biofumigado con estiércol.

El número de hojas a primer racimo respondió únicamente a la combinación estiérica, siendo menor en Optifort-Lapataia, que se diferenció de Armstrong-Elpida y Mutifort-Elpida.

T249–Elpida presentó menor rendimiento tanto en suelo biofumigado con brócoli como con estiércol.

Estos resultados sugieren que el uso combinado de desinfección del suelo por biofumigación y de plantas de tomate injertados permiten obtener, en suelos con moderada a alta infestación de nemátodos, respuestas equivalentes a las logradas en la producción convencional, pero utilizando prácticas más sustentables.

BIBLIOGRAFÍA

Andreau, R.; Garbi, M.; Martinez, S. y Morelli, G. (ex aequo). 2009. Respuesta fenológica y productiva de plantas de tomate (*Solanum lycopersicon* L.) sometidas a injerto. Boletín Electrónico de Tomate N° 21. Diciembre 2009. INTA – Corporación del Mercado Central de Buenos

Argerich C. 1995. Situación actual y perspectivas del tomate en Latinoamérica. pp: 741-767. En: F. Nuez (ed) El Cultivo del Tomate. Ed. Mundiprensa, España.

Argerich, C. y Troilo, L. 2011. Diagnóstico socioeconómico del sector hortícola argentino. pp:13-29. En: Manual de Buenas Prácticas Agrícolas en la cadena del tomate. FAO. Buenos Aires, Argentina.

Balliu, A.; Vuksani, G.; Nasto, T.; Haxhinasto, L.; Kaçiu, S. 2008. Grafting effects on tomato growth rate, yield and fruit quality under saline irrigation water. Acta Hort. (ISHS) 801:1161-1166.

Bello, A; López Pérez, J.A; Garcia Alvarez, A. 2000 Biofumigación del suelo, residuos orgánicos y conservación de la capa de ozono. Departamento de Agroecología CCMA, CSIC.Madrid. Disponible en: <http://www.aecientificos.es/empresas/aecientificos/revistashtml/Ozono.html>. Ultimo acceso: Marzo 2017

Bello, A; López Pérez, J.A; Díaz Viruliche, L. 2002. Biofumigación y solarización como alternativas al Bromuro de Metilo. Departamento de Agroecología CCMA, CSIC. Madrid.

Cap, G. 1991. Tesis "Inheritance and phenotypic expression of heat stable resistance to *Meloidogyne* spp. In *Lycopersicon peruvianum* and its transfer to edible tomato". Plant Pathology-Nematology, University of California, Riverside.

De León, L.; Banchemo, L.; López-Pérez, J.A. & Bello, A. 2000. Control de *Meloidogyne* incognita en cultivo de tomate en Uruguay. Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas 26: 401-407.

Ducasse, A. 2014. Comportamiento de tres híbridos de tomate injertados y cultivados en suelo con nemátodos. Trabajo final de aplicación para acceder al título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. UNLP. 28 pp.

Fernández, R; Sangiácomo, M; Cuellas, M; Puerta, A. 2005. Sustitución del Bromuro de Metilo y la situación del sector florícola en los alrededores de Buenos Aires (Argentina). Proyecto ONUDI-INTA/MP/ARG/00/33. AER INTA Gran Buenos Aires.

Forns, A. C.; Jaldo, H. E.; Valdez, I.; Ale, J. 2007. Injerto en tomate: una alternativa para aumentar los rendimientos en variedades comerciales. ASAHO. Libro de Resúmenes 30º Congreso Argentino de Horticultura. 1º Simposio Internacional sobre Cultivos Protegidos. pp: 97. 25 al 28 de septiembre de 2007. La Plata, Buenos Aires.

Gilreath J, Jones J, Motis T, Santos B, Noling J 2003. Evaluation of various chemical treatments for potential as methyl bromide replacements for disinfestations of soilborne pests in polyethylene-mulched tomato. Proc. Fl. State Hort. Soc. 116: 151-158

Gómez, L.; Rodríguez, M.G.; Díaz Viruliche, L.; González, E. & Wagner, F. 2006. Evaluación de materiales orgánicos para la biofumigación en instalaciones de cultivos protegidos para el manejo de *Meloidogyne incognita*. Revista Protección Vegetal 21 (3): 178-185.

Gómez, L.; González, E.; Hernández, M.A. & Rodríguez, M.G. 2010. Uso de la biofumigación para el manejo de *Meloidogyne* spp., en la producción protegida de hortalizas. Revista Protección Vegetal 25 (2): 119-123.

González, H. 2002. Problemas nematológicos. Alternativas al bromuro de metilo para la desinfección de suelos en tomate y en pimiento. Boletín Inia 88: 41-55.

Hoyos Echevarria, P.; Rollón Martínez, G. & Gálvez Rodríguez, B. 2012. Influence of grafting on the yield and quality of tomato cultivars grown in greenhouse in central Spain. Acta Horticulturae 927: 449-454.

Informes de Situación y Cumplimiento. Programa de las Naciones Unidas para el medio ambiente. Comité ejecutivo del fondo multilateral para la aplicación del protocolo de Montreal Septuagésima Reunión Bangkok, 1 – 5 de julio de 2013. Disponible en: <http://www.multilateralfund.org/70/Spanish/1/S7006a1.pdf>. Último acceso: Mayo 2016

Khah, E. M.; Kakava, E.; Mavromatis, A.; Chachalis, D., Goulas, C. 2006. Effect of grafting on growth and yield of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) in greenhouse and open-field. Journal of Applied Horticulture 8: 3-7.

Kubota, C. 2008. Use of grafted seedlings for vegetable production in North America. Acta Hort. (ISHS) 777: 21-28.

Lee, J.M. 1994. Cultivation of grafted vegetables I. Current status, grafting methods, and benefits. *HortScience* 29: 235-239.

Lee, J.M. y M. Oda. 2003. Grafting of herbaceous vegetable and ornamental crops. *Hort. Rev.* 28: 61-124.

Lee, S.G. 2007. Production of high quality vegetable seedling grafts. *Acta Horticulturae*.759: 169-174.

Leonardi, C. y D. Romano. 2004. Recent issues in vegetable grafting. *Acta Horticulturae* 631: 163-174.

López-Elías, J.; Guerrero-Ruiz, J.C.; Huez-López, M.A.; Jiménez-León, J. & Ruiz-Mendoza, J.J. 2014. Biofumigación y solarización del suelo en la producción de sandía (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum & Nakai). *European Scientific Journal* 10 (3): 121-131.

Martinez, S.; Garbi, M.; Grimaldi, M.C.; Somoza, J.; Morelli, G. y Cerisola, C. 2014. Evaluación de la respuesta agronómica de plantas de tomate injertadas en cultivo bajo invernadero. *Revista de la Facultad de Agronomía* 113 (2): 218-223.

Martinez, S.; Garbi, M.; Morelli, G.; Somoza, J.; Grimaldi, M.C.; Ducasse, A. y Cerisola, C. 2015. Comportamiento fenológico de híbridos de tomate injertados sobre Maxifort. Requerimientos de grados-día. XIV Reunión Argentina de Agrometeorología.

Mišković, A., Ilin, Z. and Marković, V. 2009. Effect of different rootstock type on quality and yield of tomato fruits. *Acta Horticulturae* 807: 619-624.

Mitidieri, M. S; Brambilla, M. V.; Gabilondo, J.; Saliva, V. y Piris, M. 2011a. Efectos de la solarización y biofumigación sobre la incidencia de podredumbres radiculares en cultivo

de tomate bajo cubierta. XIII Congreso Latinoamericano de Fitopatología. Libro de Resúmenes, pp: 519.

Mitidieri, M. S., Brambilla, M. V., Piris, M., Piris, E., y Maldonado, L. 2011b. El uso de portainjertos resistentes en cultivo de tomate bajo cubierta: resultados sobre la sanidad y el rendimiento del cultivo. INTA Centro Regional Buenos Aires Norte. Buenos Aires, Argentina.

Morelli, G., S. Martinez, F. Zeoli, M. Garbi y R. Andreau. 2009. Efecto del tipo de conducción de 1, 2 y 3 ramas por planta sobre el rendimiento en tomate cv. Elpida injertado sobre pie Maxifort en cultivo bajo cubierta en La Plata, Buenos Aires. Libro de resúmenes XXXII Congreso Argentino de Horticultura. 23 al 26 de septiembre de 2009. Salta, pp: 82

Oda, M. 1999. Grafting of vegetables to improve greenhouse production. Food & Fertilizer Technology Center, Extension Bulletin 480:1-11.

Oda, M. 2007. Vegetable seedling grafting in Japan. Acta Horticulturae 759:175-180.

Ortiz Morales, B.A. y Guel Grimaldo, G.G. 2014. Respuesta del cultivo de tomate en suelo biofumigado con brócoli (*Brassica oleracea* L. var *italica* Plenck), estiércol y acolchado plástico. Tesis de grado Ingeniero Agrónomo Fitotecnista. Facultad de Agronomía y Veterinaria. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. 60 pp.

Ozores-Hampton, M; Zhao, X. y Ortez, M. 2010. Introducción a la Tecnología de Injertos a la Industria de Tomate en la Florida: Beneficios Potenciales y retos. Department of Horticultural Sciences. Universidad de la Florida. UF/IFAS Extension: 1-6

Öztekin, G.B., F. Giuffrida, Tuzel y C. Leonardi. 2009. Is the vigour of grafted tomato plants related to root characteristics? *Journal of Food, Agriculture & Environment* 7: 364-368

Paplomatas, E.J; Elena, K.; Tsagkarakou, A. y Perdikaris, A. 2002. Control of *Verticillium* wilt of tomato and cucurbits through grafting of commercial varieties of resistant rootstock. *Acta Hort. (ISHS)* 579: 445-449.

Proyecto Tierra Sana. 2018. Energía solar y agua para desinfectar el suelo. INTA informa. Disponible en: <http://intainforma.inta.gov.ar/?p=42087> Ultimo acceso: marzo 2018

Schmidt – Vogt, H. 1980.Characterization of plant material, IUFRO Meeting.S1.05-04. En Röhring E, Gussone HA.Waldbau.Zweiter band.Sechste Auflage, Neubearbeitet. Hamburgund, Berlin, 1990. 314 pp.

Toral, L.M. 1997. Concepto de la calidad de plantas en viveros forestales. Documento técnico 1. Programa de Desarrollo Forestal Integral de Jalisco. SEDER. Fundación Chile. Consejo Agropecuario de Jalisco. México. 26 pp.

Verdejo-Lucas, S y Mc Kenry, MV. 2004. Management of the Citrus Nematode, *Tylenchulus semipenetrans*.*J Nematol.* 36: 424-32

Vilaseca, J.C.; Font, M.I. y Jordá, C. 2006. Biofumigación y biosolarización en el control de ToMV: una buena alternativa al bromuro de metilo. *Agroecología* 1: 105-115.

ANEXO I

Tabla 1. Índice de esbeltez en plantines de tomate injertados y sin injertar. La Plata, Buenos Aires. Octubre, 2013

Tratamiento	Índice de esbeltez
Lapataia	0,82 a
Elpida	0,86 a b
Optifort – Elpida	0,91 a b
Yigido	0,94 a b c
Sivinar	0,94 a b c
Multifort – Yigido	0,95 a b c
Multifort – Lapataia	1,00 a b c
Multifort - Sivinar	1,00 a b c
Efialto – Yigido	1,00 a b c
Efialto – Lapataia	1,01 a b c
Maxifort – Yigido	1,01 a b c
Efialto – Sivinar	1,01 a b c
Maxifort - Sivinar	1,01 a b c
T 249 – Lapataia	1,02 a b c
Armstrong – Elpida	1,02 a b c
Maxifort – Elpida	1,02 a b c
Maxifort – Lapataia	1,05 a b c
Agadir - Sivinar	1,05 a b c
Armstrong – Lapataia	1,06 a b c
Agadir – Lapataia	1,06 a b c
T 249 – Elpida	1,07 a b c
T 249 - Sivinar	1,08 a b c
Armstrong – Yigido	1,09 a b c

Armstrong - Sivinar	1,09 a b c
T 249 – Yigido	1,10 a b c
Optifort – Yigido	1,10 a b c
Efialto – Elpida	1,11 a b c
Optifort – Lapataia	1,11 a b c
Optifort - Sivinar	1,12 a b c
Arnold – Lapataia	1,12 a b c
Multifort – Elpida	1,12 a b c
Arnold – Elpida	1,12 a b c
Arnold - Sivinar	1,12 a b c
Agadir – Yigido	1,13 b c
Agadir – Elpida	1,14 b c
Arnold–Yigido	1,23 c

Letras diferentes indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) según test de Tukey ($R^2 = 0,39$; $CV = 11,93$)

Tabla 2. Temperatura media del suelo según tratamiento de biofumigación. La Plata, Buenos Aires. Octubre, 2013

Biofumigación	Temperatura media (°C)
Brócoli	19,57 a
Estiércol	21,12 b

Letras diferentes indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

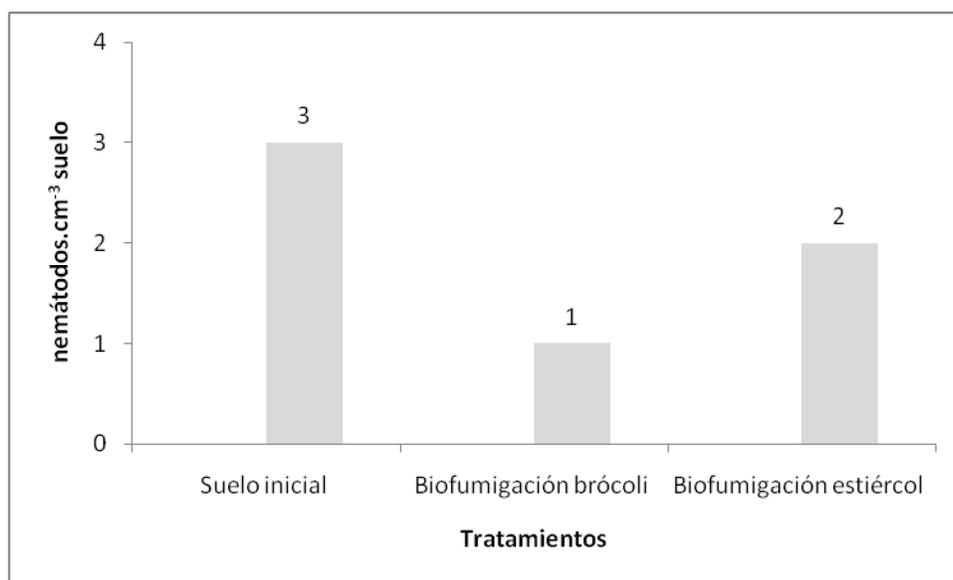


Gráfico 1. Cantidad de nemátodos presentes en el suelo antes (suelo inicial) y luego de los tratamientos de biofumigación. La Plata, Buenos Aires. Octubre, 2013

Tabla 3. Altura de planta [cm] según combinación estiérica y tratamiento de biofumigación del suelo. La Plata, Buenos Aires. Diciembre 2013.

Combinación estiérica	Biofumigación con brócoli	Biofumigación con estiércol	R ²	CV	Promedio por combinación estiérica
Elpida	102,67 a A	109,33 ab A	0,98	2,04	106,00
Lapataia	108,67 a A	114,00 b B	0,97	0,97	111,33
Yigido	100,00 a A	77,67 a A	0,79	13,70	88,83
Sivinar	102,00 a A	102,67 ab A	0,60	4,52	102,67
T 249-Elpida	120,33 a A	103,33 ab B	0,94	3,29	111,83
T 249-Lapataia	108,00 a A	120,33 b A	0,78	5,01	114,17
T 249-Yigido	112,33 a A	110,67 ab A	0,70	8,15	111,50

T 249-Sivinar	104,00 a A	124,67 b A	0,63	13,30	114,33
Agadir-Elpida	115,67 a A	122,00 b A	0,71	6,19	118,83
Agadir-Lapataia	101,67 a A	123,00 b A	0,72	11,61	112,33
Agadir-Yigido	121,00 a A	117,33 b A	0,92	1,37	119,17
Agadir-Sivinar	117,67 a A	119,67 b A	0,33	2,73	118,17
Maxifort-Elpida	114,33 a A	115,00 b A	0,66	4,11	114,67
Maxifort-Lapataia	117,33 a A	105,67 ab A	0,77	4,93	111,53
Maxifort-Yigido	108,67 a A	106,67 ab A	0,71	2,63	107,67
Maxifort-Sivinar	108,33 a A	125,33 b A	0,54	12,15	116,83
Armstrong-Elpida	109,67 a A	121,00 b A	0,55	9,70	115,33
Armstrong-Lapataia	110,33 a A	118,00 b A	0,84	6,68	114,17
Armstrong-Yigido	116,33 a A	121,67 b A	0,63	2,99	119,00
Armstrong-Sivinar	106,67 a A	114,67 b A	0,58	8,95	110,67
Optifort-Elpida	101,67 a A	112,67 b A	0,69	6,98	107,17
Optifort-Lapataia	115,00 a A	111,67 b A	0,47	9,75	113,33
Optifort-Yigido	112,00 a A	115,33 b A	0,46	5,18	113,67
Optifort-Sivinar	104,00 a A	117,33 b B	0,98	1,61	110,67
Arnold-Elpida	118,00 a A	120,33 b B	1,00	0,34	119,17
Arnold-Lapataia	114,00 a A	116,67 b A	0,07	7,67	115,33
Arnold-Yigido	118,67 a A	124,33 b A	0,55	7,23	121,50
Arnold-Sivinar	117,33 a A	119,00 b A	0,68	4,20	118,17
Efialto-Elpida	112,00 a A	120,00 b A	0,74	3,81	116,00
Efialto-Lapataia	108,33 a A	109,67 ab A	0,09	11,19	109,00
Efialto-Yigido	108,00 a A	99,00 a b A	0,69	21,19	103,67
Efialto-Sivinar	112,67 a A	111,00 ab A	0,31	5,11	111,83

Multifort-Elpida	118,33 a A	110,67 ab A	0,84	2,57	114,50
Multifort-Lapataia	109,67 a A	115,33 b A	0,47	7,68	112,50
Multifort-Yigido	115,00 a A	115,67 b A	0,11	5,36	115,33
Multifort-Sivinar	105,33 a A	120,33 b A	0,65	8,68	112,83
R ²	0,52	0,55			
CV	6,25	8,89			
Promedio por biofumigación	111,02	114,21			

Letras diferentes minúsculas en la columna y mayúsculas en la fila, indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) según test de Tukey.

Tabla 4. Número de hojas a primer racimo según combinación estiónica La Plata, Buenos Aires. Octubre 2013.

Tratamiento	Numero de hojas a inserción del primer racimo
Optifort – Lapataia	7,50 a
Armstrong – Lapataia	7,83 ab
Sivinar	7,83 ab
Arnold - Yigido	8,00 abc
Lapataia	8,00 abc
Elpida	8,00 abc
Efialto – Sivinar	8,00 abc
Agadir – Sivinar	8,00 abc
Yigido	8,17 abc

Efialto – Lapataia	8,17 abc
Agadir – Lapataia	8,17 abc
Arnold – Lapataia	8,17 abc
Agadir – Yigido	8,50 abc
Armstrong – Sivinar	8,50 abc
Optifort – Sivinar	8,50 abc
Optifort – Yigido	8,50 abc
Maxifort – Lapataia	8,67 abc
Efialto – Yigido	8,67 abc
T 249 – Lapataia	8,67 abc
Arnold – Elpida	8,83 abc
Multifort – Yigido	9,00 abc
Optifort – Elpida	9,00 abc
Maxifort – Sivinar	9,00 abc
Armstrong – Yigido	9,00 abc
Efialto – Elpida	9,17 abc
Arnold - Sivinar	9,17 abc
T 249 – Yigido	9,17 abc
Multifort – Lapataia	9,17 abc
T 249 – Elpida	9,33 abc
T 249-Sivinar	9,33 abc
Maxifort – Yigido	9,33 abc
Maxifort – Elpida	9,33 abc
Agadir – Elpida	9,50 abc
Multifort – Sivinar	9,50 abc

Armstrong – Elpida	9,83 bc
Multifort – Elpida	10,17 c

Letras diferentes indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) según test de Tukey ($R^2 = 0,49$; CV = 11,42)

Tabla 5. Rendimiento en frutos totales [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$] según combinación estiércol y tratamiento de biofumigación del suelo. La Plata, Buenos Aires. Diciembre 2013.

Combinación estiércol	Biofumigación con brócoli	Biofumigación con estiércol	Promedio por combinación estiércol
Elpida	3,99 ab	4,32 ab	4,16
Lapataia	5,11 abc	4,85 ab	4,98
Yigido	12,0 c	3,00 ab	7,55
Sivinar	5,90 abc	6,56 ab	6,23
T 249-Elpida	1,21 a	1,52 a	1,36
T 249-Lapataia	5,8 abc	3,97 ab	4,89
T 249-Yigido	7,30 abc	4,81 ab	6,05
T 249-Sivinar	8,30 abc	6,36 ab	7,33
Agadir-Elpida	4,62 abc	3,79 ab	4,21
Agadir-Lapataia	7,73 abc	3,47 ab	5,60
Agadir-Yigido	7,33 abc	6,56 ab	6,94
Agadir-Sivinar	3,30 ab	3,29 ab	5,52
Maxifort-Elpida	6,71 abc	5,60 ab	6,16
Maxifort-Lapataia	5,75 abc	4,31 ab	5,03

Maxifort-Yigido	9,52 bc	4,55 ab	7,04
Maxifort-Sivinar	9,76 bc	6,07 b	7,87
Armstrong-Elpida	6,83 abc	4,11 ab	5,47
Armstrong-Lapataia	3,84 ab	4,86 ab	4,35
Armstrong-Yigido	7,78 abc	5,66 ab	6,72
Armstrong-Sivinar	7,60 abc	6,29 ab	6,94
Optifort-Elpida	4,00 ab	7,12 ab	5,57
Optifort-Lapataia	4,00 ab	6,05 ab	5,04
Optifort-Yigido	7,00 abc	6,76 ab	6,89
Optifort-Sivinar	6,93 abc	8,05 b	7,49
Arnold-Elpida	5,64 abc	8,17 b	6,90
Arnold-Lapataia	7,76 abc	6,05 ab	6,90
Arnold-Yigido	11,7 bc	6,71 ab	9,21
Arnold-Sivinar	9,67 bc	6,07 b	7,87
Efialto-Elpida	7,10 abc	7,65 b	7,36
Efialto-Lapataia	6,00 abc	7,85 b	6,95
Efialto-Yigido	8,92 abc	5,54 ab	7,23
Efialto-Sivinar	9,35 bc	6,87 b	8,11
Multifort-Elpida	4,58 abc	4,87 ab	4,73
Multifort-Lapataia	5,68 abc	5,13 ab	5,40
Multifort-Yigido	7,20 abc	5,44 ab	6,32
Multifort-Sivinar	7,61 abc	5,92 ab	6,77
R ²	0,63	0,63	
CV	35,30	33,82	

Promedio por biofumigación	5,52	6,90
----------------------------	------	------

Letras diferentes indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) según test de Tukey.



Figura 1: (A) Ensayo al momento del trasplante y (B) 40 días después.