

ECOFISIOLOGÍA DE LOS CULTIVOS PROTEGIDOS: TRABAJOS DE EXPERIMENTACIÓN HACIA UNA HORTICULTURA SUSTENTABLE.

PROYECTO 11 A/269

Directora: Ing. Agr. Profesora Martínez, Susana. Correo electrónico: los_vidal@speedy.com.ar

Co-Directora: Dra. Ing. Agr. JTP Garbí, Mariana.

Integrantes: Mg.Sci. Carbone, A.; Ing. Agr. Grimaldi, M.C.; Dr. Ing. Agr. Maiale, S.; Ing. Agr. Morelli, G.; Ing. Agr. Padín, S.; Ing. Agr. Puig, L. y Lic. Somoza, J.

En el marco del Proyecto de Investigación se realizaron ensayos con el objetivo de responder diversas inquietudes del sector productivo del Cordón Hortícola Platense (CHP). A continuación se enumeran los trabajos realizados y presentados en Jornadas y Congresos de la especialidad, como así también resultados de diversas Tesis de Grado realizadas por alumnos de la FCAyF, UNLP.

PRODUCTIVIDAD DE PLANTAS INJERTADAS DE TOMATE CONDUCIDAS A 2 Y 4 RAMAS Y CULTIVADAS EN UN SUELO INFESTADO DE NEMATODOS

En Argentina, y particularmente dentro de los cinturones hortícolas alrededor de las grandes metrópolis, el cultivo de tomate es amplia y reiteradamente implantado sobre las mismas superficies. Esto conlleva a un desgaste del suelo y de los recursos naturales en general, incrementando los niveles de presión de ciertas plagas y enfermedades, cuyo control masivo ha sido en cierta manera restringido, aunque poco fiscalizado, desde la prohibición de uso del bromuro de metilo (BdM). Es evidente que no existe una práctica individual que garantice la eliminación de los nematodos o la resistencia completa a los mismos, no obstante el uso de plantas de tomate injertadas, implantadas en suelos biofumigados con brasicáceas manifiestan una respuesta benéfica en la sanidad del cultivo, constituyéndose en una práctica viable de implementación en suelos del CHP. Estas problemáticas motivaron que se estudiaran alternativas para mitigar estos efectos sobre el ambiente debido a que el productor se torna dependiente de la tecnología para sostener su sistema productivo. Es por ello que los resultados obtenidos en este trabajo otorga conocimientos teórico-prácticos sobre alternativas de manejo sustentables. El objetivo fue evaluar el crecimiento y rendimiento de plantas de tomate injertadas cultivadas bajo cubierta en un suelo que tiene naturalmente nematodos y que fue previamente bio-fumigado incorporando crucíferas. Se condujo un ensayo en un invernadero parabólico ubicado en la Estación Experimental Julio Hirschhorn (EEJH) de la FCAyF (UNLP). El material vegetal evaluado fue una combinación estiónica de alto potencial productivo, constituido por el híbrido Yígido injertadas sobre pie Beaufort y conducidos a 2 y 4 ramas. Se registró altura y número de hojas de las plantas al primer racimo, rendimiento total, por categorías comerciales y la sanidad al finalizar el ciclo productivo. Se efectuó el recuento de nematodos en el suelo antes de la biofumigación y al finalizar el ciclo de cultivo. El diseño fue en parcelas divididas con 9 repeticiones, para someter los datos al análisis de varianza ($p \leq 0,05$). El crecimiento relativo y absoluto no manifestó diferencias estadísticas entre tratamientos como así tampoco el número de hojas basales hasta la diferenciación del 1er racimo. El rendimiento se incrementó significativamente en plantas conducidas a 2 ramas, como también el número de frutos cuajados. En el CHP, con la combinación Yígido-Beaufort se recomienda la conducción a 2 ramas y el tratamiento de biofumigación del suelo con crucíferas.

CONDUCCIÓN DE PLANTAS DE TOMATE INJERTADO: PRECOCIDAD, PRODUCCIÓN E INTERCEPCIÓN DE LA RADIACIÓN

El ensayo se condujo en un invernadero metálico parabólico de 24m x 40m, orientación E-O, ubicado en la EEJH (UNLP). El 04/10/2017 se trasplantaron plantines de tomate de los híbridos Ichiban y Etereí sin injertar (testigos) e injertados sobre el pie Maxifort. Las plantas sin injertar se condujeron a 1 rama (0,25 cm entre plantas) y las injertadas a 2 y 4 ramas

(0,50 y 1,00 m entre plantas, respectivamente), manteniendo en todos los tratamientos una densidad de 4 ramas por metro lineal. Para evaluar precocidad, se registró fecha de floración y fructificación del 1º racimo, considerando plenitud de fase (80% de flores abiertas o frutos cuajados). Se computó la fecha de primera cosecha y el rendimiento total en frutos hasta el 7º racimo. En el interior del invernadero se registró la temperatura media diaria a 1,5 m de altura con una estación meteorológica automática Davis Perception II. Se calculó la cantidad de días y la acumulación de grados-día desde el trasplante a plenitud de cada fase. Se aplicó el método residual de Brown (1975), con una temperatura base de 10 °C. El 27/12/2017 se midió la radiación fotosintéticamente activa (PAR) a nivel del 4º racimo, utilizando una barra LI-COR 191, calculando el % de intercepción de PAR, considerando 100% el valor registrado dentro del invernadero, por encima del canopeo. El diseño fue en bloques completos aleatorizados con 4 repeticiones. Los datos se sometieron a análisis de varianza, evaluando diferencias entre medias por prueba de Tukey ($p < 0,05$). Ichiban sin injertar presentó mayor precocidad a floración y fructificación del 1º racimo, mientras que Eterei sin injertar alcanzó más tardíamente ambas fases. Si bien no se observaron diferencias significativas en la cantidad de días en que los distintos tratamientos llegaron a primera cosecha, Ichiban injertado sobre Maxifort y conducido a 4 ramas requirió una suma térmica significativamente superior que el mismo híbrido sin injertar (Tabla 1). El efecto retardante de Maxifort sobre el desarrollo de la planta también fue observado cuando se lo utilizó como pie de los cv. Griffy y Torry; verificándose respuestas diferenciales según la copa utilizada, como se observó con Eterei, dado que el cv. Elpida no fue afectado por la injertación (Ducasse, 2014). El % de PAR se incrementó significativamente al aumentar la cantidad de ramas por planta. En las plantas conducidas a 1 rama, Ichiban interceptó un 9% más de PAR que Eterei, situación que se revirtió en plantas conducidas a 2 ramas; mientras que las plantas a 4 ramas presentaron el mayor % de intercepción, sin registrarse diferencias entre híbridos (Tabla 1). No se observaron diferencias significativas en la producción total frutos, aunque puede señalarse una tendencia a una reducción del rendimiento en plantas conducidas a 4 ramas en los dos híbridos ensayados (Tabla 2), en coincidencia con lo reportado por Berardo y Bucco (2017) al injertar el híbrido Yígido sobre Beaufort. Iglesias (2015) indica que en tomate existe una correlación positiva entre producción total, acumulación de temperatura y de PAR, pero que a partir del 4º racimo la capacidad de las plantas para convertir la energía acumulada por radiación y temperatura no son suficientes para mantener el traslado de fotoasimilados hacia los frutos, lo que podría explicar la respuesta observada en los rendimientos, aún cuando se mejore la intercepción de la radiación por parte de la planta.

Tabla 1. Días, grados-día acumulados desde trasplante hasta plenitud de floración y fructificación de 1er racimo y 1er cosecha y PAR interceptada según híbrido y forma de conducción de plantas injertado y sin injertar. Octubre 2017 – Enero 2018

| Tratamiento | Floración 1º racimo | | Fructificación 1º racimo | | 1º cosecha | | PAR interceptada % |
|-----------------------|---------------------|---------|--------------------------|----------|------------|---------|--------------------|
| | Días | GDA | Días | GDA | Días | GDA | |
| Ichiban | 21 a | 174,9 a | 27 a | 225,7 a | 60 | 666,3 a | 52,3 b |
| Eterei | 29 c | 242,4 c | 35 c | 301,7 c | 68 | 787,4 | 43,3 a |
| Maxifort – Ichiban 2R | 28 bc | 234,1 b | 34 bc | 291,4 bc | 68 | 796,6 | 60,9 c |
| Maxifort – Ichiban 4R | 27 b | 229,9 b | 33 b | 286,3 b | 71 | 851,9 b | 79,2 e |
| Maxifort – Eterei 2R | 27 b | 225,7 b | 33 b | 281,1 b | 65 | 793,2 | 72,2 d |
| Maxifort – Eterei 4R | 27 b | 225,7 b | 33 b | 281,1 b | 64 | 787,0 | 79,5 e |
| C.V. | 2,20 | 2,19 | 1,80 | 2,20 | 6,90 | 7,90 | 14,72 |
| R ² | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,90 | 0,90 | 0,70 | 0,71 |
| p | | | < 0,0001 | < 0,0001 | 0,0599 | 0,0174 | < 0,0001 |

< <
0,0001 0,0001

Letras diferentes en la columna indican diferencias significativas según prueba de Tukey ($p < 0,05$)

Tabla 2. Rendimiento total en frutos según híbrido y forma de conducción de plantas de tomate injertado y sin injertar. Octubre 2017–Enero 2018 (C.V.=4,70; $R^2=0,38$; $p=0,4141$)

| Tratamiento | kg.m ⁻² |
|-----------------------|--------------------|
| Ichiban | 14,8 |
| Eterei | 13,1 |
| Maxifort – Ichiban 2R | 15,4 |
| Maxifort – Ichiban 4R | 8,7 |
| Maxifort – Eterei 2R | 13,1 |
| Maxifort – Eterei 4R | 8,3 |

En las condiciones de ensayo, se recomienda la utilización de los híbridos Ichiban y Eterei injertados sobre Maxifort, conduciendo las plantas a 2 ramas, lo que permite obtener rendimientos equivalentes a los alcanzados con la conducción convencional de la planta (1 rama), sin producirse retrasos significativos que afecten la precocidad del cultivo.

MODIFICACIÓN AMBIENTAL PRODUCIDA POR UNA MALLA ANTITÉRMICA EN UN INVERNADERO PARABÓLICO

El CHP posee una superficie estimada de 2258,62 ha cubiertas por invernaderos que se caracterizan por estar cubiertos con polietileno de 100 a 150 μm de espesor y poseer una relación entre superficie de ventanas y suelo cubierto inferior al 25%, condición que dificulta la adecuada ventilación. De esta manera, durante el periodo estival es frecuente que se presenten condiciones de hipertermia, como se observó al comparar las temperaturas internas y externas durante enero en seis tipos distintos de estructuras, con valores de temperaturas medias que oscilaron entre 25,6 y 30 $^{\circ}\text{C}$ y medias máximas entre 33 y 42,8 $^{\circ}\text{C}$, registros significativamente superiores a las temperaturas externas (Garbi *et al.*, 2002). La utilización de mallas de sombreo o pantallas termorreflectoras pueden utilizarse para disminuir la temperatura, a través de la reducción de la intensidad de la radiación solar incidente. Evaluaciones realizadas con mallas de sombreo de diferentes colores demostraron una reducción significativa de PAR respecto a cielo abierto (Ayala-Tafoya *et al.*, 2015). En los invernaderos, es importante considerar la reducción de transmitancia producida por el polietileno, que puede disminuir hasta el 77% de PAR recibida en el interior de la estructura, respecto al exterior, como se registró en La Plata en otoño (Carbone *et al.*, 2012). Considerando el uso de técnicas que permitieran reducir los niveles térmicos registrados durante el verano en el interior de los invernaderos del CHLP, este trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto de una malla antitérmica sobre la temperatura del aire y la PAR recibida en el interior de una estructura de tipo parabólico. El trabajo se realizó durante enero de 2017 en un invernadero metálico parabólico de 24mx40m, orientación E–O, ubicado en la EEJH, UNLP. La estructura está formada por tres naves, techadas con polietileno térmico de 150 μm de espesor, en la que se colocó, adicionalmente, una malla antitérmica blanca cubriendo la mitad de cada nave por debajo del techo; resultando un diseño en bloques completos aleatorizados con 3 repeticiones. En el interior del invernadero se registró la temperatura media diaria a 1,5 m de altura con una estación meteorológica Davis Perception II, con sensores ubicados en sectores cubiertos con y sin malla antitérmica. También se registro temperatura del aire externa, con una estación ubicada en la EEJH. PAR se registró con una barra LI-COR 191 colocada a 1,50 m desde el suelo. A las 12 hs. del 6-13-21 y 27 de enero, se realizaron 20 mediciones por tratamiento y repetición en el ambiente exterior e interior del invernadero en sectores cubiertos con malla antitérmica y sin malla. Los datos se sometieron a análisis de varianza, evaluando las diferencia por prueba de Tukey ($p < 0,05$). La colocación de la malla antitérmica en el interior del invernadero produjo reducción del 70% en la transmisión de PAR, resultando significativamente más baja que la radiación recibida en el sector cubierto solo con polietileno, el que también restringió un 30% la radiación disponible, en relación al exterior.

La temperatura media mensual fue significativamente mayor en el interior del invernadero, sin diferencias atribuibles al tratamiento de sombreado (Tabla 1). Los valores PAR registrados durante el periodo en estudio fueron equivalentes a los reportados por Carbone *et al.* (2012). La temperatura media se ubicó en el rango de valores registrados bajo invernadero en campañas anteriores para enero (Garbi *et al.*, 2002). La Figura 1 presenta la marcha diaria térmica en los distintos ambientes, observándose que en la mayor parte del periodo hubo una tendencia a la elevación de la temperatura media en el sector cubierto con malla antitérmica. Ayala-Tafoya *et al.* (2015) señalan que las mallas de sombreado pueden reducir la ventilación, efecto que pudo haberse producido en las condiciones de ensayo, considerando que la malla antitérmica fue colocada en una posición que producía una obstrucción a la ventilación cenital prevista para la estructura. La malla antitérmica puede haber actuado reflejando la radiación infrarroja emitida por las plantas y el suelo, evitando la pérdida de calor, con el consecuente aumento de la temperatura.

Tabla 1. PAR y temperatura media mensual dentro del invernadero, con y sin malla antitérmica y en el exterior. La Plata, Buenos Aires. Enero 2017

| Tratamientos | PAR [$\mu\text{mol}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$] | | | | Temperatura media mensual [°C] |
|-----------------------|---|----------|-----------|-----------|--------------------------------|
| | 06/01/17 | 13/01/17 | 21/01/17 | 27/01/17 | |
| Exterior | 1563,17 a | 313,93 a | 1752,17 a | 1377,63 a | 23,3 a |
| Invernadero sin malla | 1046,67 b | 289,20 b | 1241,17 b | 909,37 a | 25,9 b |
| Invernadero con malla | 415,47 c | 116,17 c | 483,87 c | 367,97 b | 26,6 b |

Letras diferentes en la columna indican diferencias significativas según prueba de Tukey ($p < 0,05$)

La pantalla antitérmica utilizada en el interior de un invernadero en La Plata no resultó efectiva para reducir la temperatura media del aire, produciendo una disminución importante de PAR transmitida al interior. Habría que continuar ensayando otras formas de colocación que favorezcan la ventilación.

REFERENCIAS: Berardo, J.M.; Bucco, N. 2018. Productividad de plantas injertadas en tomate conducidas a 2 y 4 ramas y cultivadas en un suelo infestado con nemátodos. Trabajo Final. FCAyF, UNLP. Brown, D.M. 1975. Heat unit for corn in Southern Ontario. Ontario: Ontario Department of Agriculture and Food. 4 pp. Ducasse, A. 2014. Comportamiento de tres híbridos de tomate injertados y cultivados en suelo con nemátodos. Trabajo Final. FCAyF, UNLP. Iglesias, N. 2015. Tomate en invernadero. Estudios referidos a aspectos de ecofisiología de la producción forzada para las condiciones del norte de la Patagonia.

Ayala-Tafoya, F.; Sánchez-Madrid, R.; Partida-Ruvalcaba, L.; Yáñez-Juárez, M.; Ruiz-Espinosa, F.; Velázquez Alcaraz, T.; Valenzuela-López, M.; Parra-Delgado, J. 2015. Producción de pimiento morrón con mallas sombra de colores. Revista fitotecnia mexicana 1: 93-99. Carbone, A.; Garbi, M.; Morelli, G.; Martínez, S.; Grimaldi, M.C.; Somoza J. 2012. Influencia del grado de envejecimiento del polietileno sobre la transmisión de radiación fotosintéticamente activa (PAR) hacia el interior de un invernadero parabólico. En: XXXV Congreso Argentino de Horticultura, 2012, Corrientes. Garbi, M.; Grimaldi, M.C.; Martínez, S.; Carbone, A. 2002. Influencia de invernaderos sobre la temperatura estival en el cinturón hortícola platense. Revista Brasileira de Agrometeorología 10:27-31.

Consideraciones Finales: Actualmente se continúa con la línea de trabajo mencionada tendiente a la obtención y optimización de diversas prácticas sustentables de manejo de cultivos intensivos en el CHP. Se encuentra en estudio la aplicación de diversos reguladores hormonales que actúan en el control poblacional de la mosca blanca. Asimismo, se está probando la inoculación de plantas de tomate con diversas cepas de *Trichoderma sp.* para mejorar la sanidad del cultivo y de esa manera disminuir la aplicación de fitosanitarios. Estas líneas de trabajo forman parte de las actividades pautadas para dos Tesis de Maestría en Protección Vegetal de la FCAyF, UNLP. La dirección de las Tesis mencionadas será realizada por Integrantes del Proyecto de Investigación.

