
HORTICULTURA

Physiological effects of the use of elicitors in tomato crop in soil infested by *Nacobbus aberrans*

Efectos fisiológicos por el uso de elicitores en tomate cultivado en suelo infestado con *Nacobbus aberrans*



Martínez, S.^{1y2*}; Garbi, M.^{2*}; Puig, L.^{2 y 3*}; Maiale, S.^{3*} (*Ex aequo*)

¹Doctoranda Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (FCAYF), Universidad Nacional de La Plata (UNLP). Calle 60 s/n, 1900 La Plata, Buenos Aires, Argentina.

²Climatología y Fenología Agrícolas Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (F.C.A.y F.). Universidad Nacional de La Plata (U.N.L.P.).

³INTECH, (CONICET-UNSAM), Int. Marino km 8, Chascomús, Buenos Aires, Argentina.

*E-mail de correspondencia: smarti@agro.unlp.edu.ar

Recibido: 27/07/2020

Aceptado: 08/10/2020

ABSTRACT

Martínez, S.; Garbi, M.; Puig, L.; Maiale, S. (*Ex aequo*). 2020. Physiological effects of the use of elicitors in tomato crop in soil infested by *Nacobbus aberrans*. Horticultura Argentina 39 (100): 45-54.

Measurement of plant physiological response to stress or practices for its alleviation is useful for non-destructive evaluation and early diagnosis. The aim of this work was to study physiological effect of the use of phytohormones on tomato crop in soil infested by *Nacobbus aberrans*. The essay was carried out under a greenhouse located in EE Julio Hirschhorn (La Plata, Buenos Aires). Tomato Elpida was treated by drench, 24 hours pre-transplanting with 1 ml of: salicylic acid 0.50×10^{-4} M and 1.00×10^{-4} M, ethylene 0.35×10^{-3} M and 0.70×10^{-3} M, jasmonic acid 1.00×10^{-4} M and 1.00×10^{-5} M, using plants without treatment as

control. It was recorded gas exchange: CO₂ net assimilation rate, stomatal conductance, transpiration and instant water use efficiency, leaf temperature and greenness index. Statistical design was a randomized complete block with 4 replications. Variance analysis and Tukey test were applied. Gas exchange was not modified by treatments. Leaf temperature was significant lesser with salicylic acid 1.00×10^{-4} M, which increased the greenness index; variable that was lower in control plants. Increasing resistance in tomato against *N. aberrans* by salicylic acid and the measurement of physiological variables to check the response of the plant are promising possibilities.

Additional keywords: phytohormones, salicylic acid, ethylene, jasmonic acid, gas exchange, leaf temperature, greenness index.

RESUMEN

Martínez, S.; Garbi, M.; Puig, L.; Maiale, S. (*Ex aequo*). 2020. Efectos fisiológicos por el uso de elicitores en tomate cultivado en suelo infestado con *Nacobbus aberrans*. Horticultura Argentina 39 (100): 45-54.

La medición de respuestas fisiológicas de la planta frente a situaciones de estreses o prácticas que los mitiguen es útil para realizar evaluaciones no destructivas y diagnósticos tempranos. Este trabajo tuvo como objetivo estudiar el efecto fisiológico del uso de fitohormonas sobre tomate cultivado en suelo infestado con *Nacobbus aberrans*. El ensayo se condujo en un invernadero, en la EE (Estación Experimental) Julio Hirschhorn (La Plata, Buenos Aires). Tomate Elpida fue tratado por drench, 24 horas antes del trasplante con 1 ml de: ácido salicílico $0,5 \times 10^{-4}$ M y $1,0 \times 10^{-4}$ M, etileno $0,35 \times 10^{-3}$ M y $0,70 \times 10^{-3}$ M y ácido jasmónico $1,00 \times 10^{-4}$ M y $1,00 \times 10^{-5}$ M, utilizando plantas sin tratar

como testigo. Se registró intercambio de gases: asimilación neta de CO_2 , conductancia estomática, transpiración y eficiencia del uso del agua instantánea, temperatura foliar e índice de verdor. El diseño fue en bloques completos aleatorizados con 4 repeticiones. Se aplicó análisis de la varianza y prueba de Tukey. El intercambio gaseoso no fue modificado por los tratamientos. La temperatura foliar fue significativamente más baja con ácido salicílico $1,0 \times 10^{-4}$ M, que incrementó el índice de verdor; variable que fue más baja en el testigo. El aumento de resistencia en tomate frente a *N. aberrans* tratado con ácido salicílico y la medición de variables fisiológicas para chequear la respuesta de la planta son posibilidades promisorias.

Palabras claves adicionales: fitohormonas, ácido salicílico, etileno, ácido jasmónico, intercambio de gases, temperatura foliar, verdor.

1. Introducción

Desde hace ya varios años existe una preocupación creciente por la preservación del ambiente y la producción de alimentos inocuos, objetivos que van acompañados de progresivas restricciones a las aplicaciones de productos de síntesis química, particularmente al uso de bromuro de metilo (Ristaino & Thomas, 1997; Flores-Camacho *et al.*, 2007). Esta situación ha llevado a la búsqueda de alternativas para el tratamiento de adversidades bióticas, con esfuerzos centrados en el control de patógenos del suelo, entre los que los nemátodos fitopatógenos presentan un rol importante; habiéndose probado con éxito prácticas combinadas de desinfección del suelo y cultivo con planta injertadas, entre otras alternativas (Mitidieri *et al.*, 2015; Martínez *et al.*, 2018).

Los nemátodos inductores de agallas producen alteraciones en la raíz del hospedante, interfiriendo en la absorción de agua y nutrientes, que conducen a síntomas en el canopeo equivalentes a los producidos por deficiencia hídrica, generando en la planta una condición similar a un estrés abiótico (Cristóbal *et al.*, 2001; Riascos Ortiz, 2014; Susič *et al.*, 2018). Fitohormonas como el ácido salicílico, el ácido jasmónico y el etileno inciden en la respuesta a este tipo de estreses, incrementando sus niveles frente al ataque de patógenos (Verma *et al.*, 2016). De esta manera, su aplicación exógena aparece como una opción sustentable para el control de los daños producidos por nemátodos agalladores. El ácido salicílico mostró efectividad para reducir la infestación de diversas especies de nemátodos fitopatógenos

(Samaniego-Gómez *et al.*, 2017; Gheysen & Mitchum, 2019) y la aplicación exógena de ácido jasmónico redujo la cantidad de huevos de *Meloidogyne incognita* en raíces de tomate (Zhou *et al.*, 2015); mientras que interferencias en la ruta del etileno incrementaron las probabilidades de un rápido establecimiento de *Heterodera schachtii* (Marhavý, 2019). Las experiencias realizadas en *Nacobbus aberrans*, nemátodo presente en la Argentina, donde en cultivos en invernadero se generan condiciones propicias para su establecimiento y desarrollo (Adlercreutz *et al.*, 2008), son escasas. Sin embargo, en pimiento (*Capsicum annum* L.) se observó que este nemátodo indujo modificaciones en procesos relacionados con los mecanismos de defensa (López-Martínez *et al.*, 2010), lo que hace de interés evaluar el efecto de sustancias elicitoras para reducir los daños causados por el mismo.

Otro aspecto importante en el control de adversidades bióticas es la detección precoz de su acción sobre las plantas. La identificación visual de síntomas generalmente se traduce en un uso excesivo y extemporáneo de fitosanitarios, siendo aún compleja la implementación de métodos no destructivos para el reconocimiento temprano del problema o la evaluación de medidas de control (Wenjing *et al.*, 2018).

La medición de parámetros fisiológicos vinculados al intercambio gaseoso, actividad fotoquímica y contenido de clorofila, entre otros, son variables utilizadas para estudiar el efecto de situaciones de estrés en plantas (Souza *et al.*, 2004; Romphael *et al.*, 2008; Zheng *et al.*, 2009). Sin embargo, este tipo de evaluaciones en hoja implican contacto con las mismas, lo que a menudo interfiere en su funcionamiento (Costa *et al.*, 2013). Los mismos autores proponen la medición de la temperatura de hoja como una técnica con potencial para estudiar interacciones entre la planta y el ambiente, así como tolerancia a estrés o el impacto de diversas prácticas culturales, atendiendo al efecto de la transpiración sobre el balance energético. Wenjing *et al.* (2018) reportaron la posibilidad de utilizar imágenes termográficas infrarrojas y el cálculo de la diferencia máxima de temperatura para adelantar en 5 a 7 días el diagnóstico del virus del mosaico del tomate (ToMV) y la roya del trigo (*Puccinia triticina*); mientras que Xu *et al.* (2006) encontraron diferencias en la temperatura de hojas sanas e infectadas por el virus del mosaico del tabaco (TMV). Raza *et al.* (2015), combinando luz térmica y visible obtuvieron datos de imágenes para el desarrollo de un sistema de aprendizaje automático que detecta de forma remota la infección de plantas por el moho polvoriento del tomate (*Oidium neolycopersici*).

En función de estos antecedentes, la respuesta fisiológica de la planta aparece como una herramienta útil para el diagnóstico temprano de estreses bióticos y de la reacción de la planta a las prácticas culturales implementadas. De esta manera, este trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto del uso de elicitors como el ácido salicílico, ácido jasmónico y etileno sobre la fisiología de plantas de tomate cultivadas en suelo infestado naturalmente con *Nacobbus aberrans*, utilizando métodos no destructivos de medición.

2. Materiales y métodos

El ensayo se condujo en un invernadero metálico parabólico de 24 por 40 metros, ubicado en la Estación Experimental Julio Hirschhorn perteneciente a la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata, La Plata, Buenos Aires, Argentina (33°56'42,6"S, 60°33'35,6" W). Al momento del inicio del ensayo, el suelo presentaba la presencia natural de *Nacobbus aberrans* J3 y J4 (48 cada 100 cm³ de suelo), *Helicotylenchus* spp. (45 cada 100 cm³ de suelo), *Dorylaimus* spp. (64 cada 100 cm³ de suelo), *Mononchus* spp. (76 cada 100 cm³ de suelo) y saprófitos (33 cada 100 cm³ de suelo). Como cultivo

antecesor se había realizado tomate cv. Elpida F1 sin injertar e injertado sobre Maxifort, 9184, Multifort y Beaufort, identificándose *N. aberrans* J2 y huevos en todas las raíces.

El trasplante del nuevo cultivo se realizó el 16 de enero de 2014 utilizando plantines de tomate cv. Elpida F1 con 4 hojas verdaderas, tratados 24 horas antes del trasplante con hormonas vegetales aplicadas por mojado del sustrato (drench) a razón de 1 ml por planta, según los siguientes tratamientos: 1) Ácido salicílico $0,5 \times 10^{-4}$ M; 2) Ácido salicílico $1,0 \times 10^{-4}$ M; 3) Etileno $0,35 \times 10^{-3}$ M; 4) Etileno $0,70 \times 10^{-3}$ M; 5) Ácido jasmónico $1,00 \times 10^{-4}$ M; 6) Ácido jasmónico $1,00 \times 10^{-5}$ M; 7) Testigo, sin aplicación de hormonas, tratados con igual volumen de agua. La plantación fue en líneas con una distancia de 0,80 m entre lomos y 0,25 m entre plantas, sobre suelo cubierto con mulching negro y riego por goteo, manteniendo el suelo a capacidad de campo. Las plantas se condujeron en forma vertical con hilo.

El ensayo se planteó según un diseño estadístico en bloques completos aleatorizados con 4 repeticiones, con 10 plantas por parcela. Sobre 3 plantas tomadas al azar por cada tratamiento y repetición, se registraron las siguientes variables:

Intercambio de gases: las mediciones se realizaron 75 días después del trasplante, sobre el foliolo terminal de la hoja inmediata inferior al último racimo desarrollado, a una intensidad de radiación saturante. Se midió con un analizador de gases por infrarrojo TPS-2 y una cubeta PLC-4 con control de radiación (PPsystems, USA), procesando los datos con el software Transfer (PPsystems, USA). Los parámetros registrados fueron: asimilación neta de CO_2 (P_n), conductancia estomática (G_s) y transpiración (Evap), calculando la eficiencia del uso del agua instantánea ($\text{WUE}_i = P_n/G_s$).

Temperatura del canopeo: las mediciones se realizaron 75 días después del trasplante, sobre la primera hoja del foliolo central, entre el tercero y cuarto racimo. Se utilizó una cámara termográfica FLIR E-30 con una resolución 160×120 píxeles y sensibilidad térmica de $0,1$ °C. La cámara fue calibrada a una distancia del objetivo de 1 m, 27 °C de temperatura ambiente, 20 °C de temperatura reflejada, 65% de humedad relativa y una emisividad de $0,98$; valores extraídos de la estación meteorológica automática Davis (Davis Instrument), instalada dentro del invernadero. Las fotos termográficas fueron procesadas con el software ThermaCam Research PRO, y analizadas con el software GraphPad Prism5, aplicando el test de t para comparar los diferentes tratamientos.

Índice de verdor: las determinaciones fueron realizadas a los 50 días después del trasplante, en el foliolo terminal de la hoja inmediata inferior al primer racimo, utilizando un medidor de clorofila SPAD Minolta (Chlorophyll matter SPAD-502. Minolta Co. Ltd. Japan).

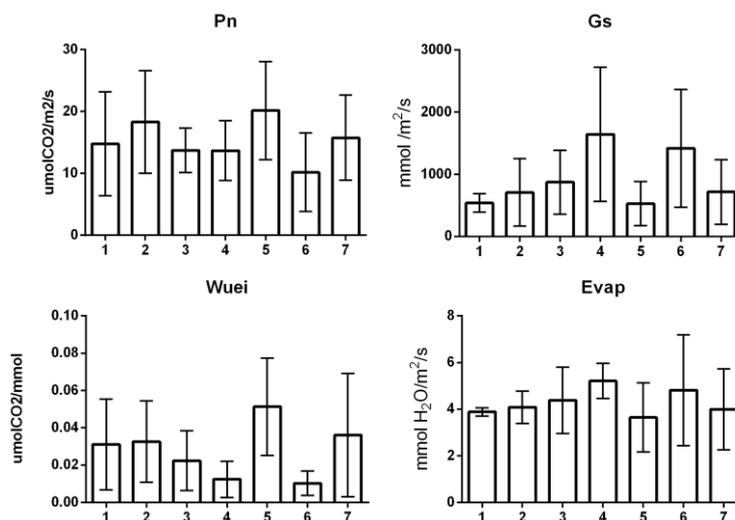
Los datos se sometieron a análisis de la varianza, aplicando prueba de Tukey ($p \leq 0,05$) para la separación de medias, mediante el programa Infostat (Di Rienzo *et al.*, 2013).

3. Resultados y discusión

El tratamiento de las plantas con los distintos elicitores y dosis no produjo diferencias significativas en variables vinculadas al intercambio gaseoso, como la asimilación neta de CO_2 , conductancia estomática, transpiración ni eficiencia del uso del agua instantánea (Figura 1).

Estos resultados coinciden con los observados en tomate infestado con *Meloidogyne incognita* y tratado con una formulación a base de *Thuya occidentalis* con probado efecto sobre la activación de enzimas relacionadas al sistema de defensa de la planta (Mioranza *et al.*, 2018). En contraposición, Chávez-Arias *et al.* (2020) reportaron que el ácido salicílico aplicado exógenamente incrementó la conductancia estomática en goldenberry (*Physalis peruviana* L.) afectado por *Fusarium oxysporum* f. sp. *physali*, aunque la respuesta puede estar vinculada a

la dosis y forma de aplicación, dado que para observar este efecto debieron hacerse tres aplicaciones de 100 mg.l⁻¹ por vía foliar; mientras que el ácido jasmónico no produjo efectos significativos.



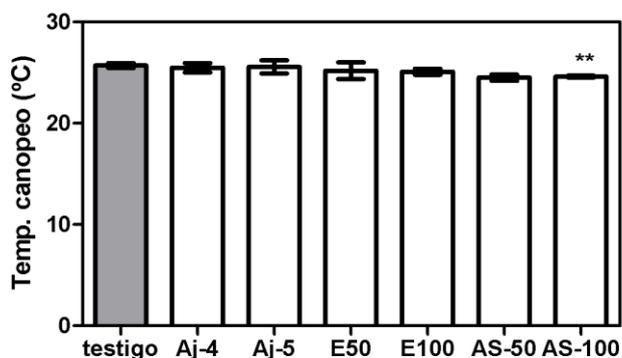
Referencias. 1: ácido salicílico ($0,5 \times 10^{-4}$ M), 2: ácido salicílico (1×10^{-4} M), 3: etileno ($0,70 \times 10^{-3}$ M), 4: ácido jasmónico ($1,00 \times 10^{-4}$ M), 5: ácido jasmónico ($1,00 \times 10^{-5}$ M), 6: etileno ($0,35 \times 10^{-3}$ M), 7: testigo.

Figure 1. Net CO₂ assimilation rate (Pn), stomatal conductance (Gs), transpiration (Evap) and instant water use efficiency (WUEi) in tomato plants cv. Elpida F1 treated with different concentration of phytohormones in soil naturally infested with *N. aberrans*. La Plata, Argentina, 2014.

Figura 1. Asimilación neta de CO₂ (Pn), conductancia estomática (Gs), transpiración (Evap) y eficiencia del uso del agua instantánea (WUEi) en las plantas de tomate cv. Elpida F1 tratadas con distintas concentraciones de fitohormonas en suelo naturalmente infestado con *N. aberrans*. La Plata, Argentina, 2014.

El tratamiento con ácido salicílico $1,0 \times 10^{-4}$ M redujo significativamente la temperatura de la hoja según se registró a nivel de canopeo, diferenciándose del resto de los tratamientos (Figura 2). El análisis fotométrico permite observar que en foliolos de plantas sometidas a este tratamiento se registró una temperatura de hoja de 16,3 °C, mientras que en las plantas testigo la temperatura registrada en el foliolo fue de 20,3 °C (Figura 3). En remolacha azucarera (*Beta vulgaris* L. spp. *vulgaris*) se observó que las plantas infestadas con *Heterodera schachtii* presentaban siempre mayor temperatura del canopeo que las plantas sin infestación, condición atribuible al estrés provocado por la acción del nemátodo (Joalland *et al.*, 2017). El incremento de la temperatura foliar puede producirse como consecuencia de la senescencia por el efecto de agentes bióticos que en su accionar modifiquen las relaciones hídricas en la planta debido a la interrupción del funcionamiento normal del sistema radical o que bloqueen el transporte de agua y nutrientes, efectos producidos por nemátodos inductores de agallamiento en las raíces (Cristobal *et al.*, 2001; Costa *et al.*, 2013). Es conocido el efecto de la aplicación exógena de ácido salicílico en la mitigación del estrés provocado por

deficiencia de agua, como fue verificado en trigo (*Triticum aestivum*) y arroz (*Oryza sativa* L.) (Sharma *et al.*, 2017; Sohag *et al.*, 2020); efecto que puede haberse dado en las condiciones de ensayo con la mayor dosis ensayada.



**Indica diferencias significativas según prueba de Tukey ($p \leq 0,05$)

Referencias. Aj-4: ácido jasmónico ($1,00 \times 10^{-4}$ M), Aj-5: ácido jasmónico ($1,00 \times 10^{-5}$ M), E50: etileno ($0,35 \times 10^{-3}$ M), E100: etileno ($0,70 \times 10^{-3}$ M), AS-50: ácido salicílico ($0,5 \times 10^{-4}$ M), AS-100: ácido salicílico ($1,0 \times 10^{-4}$ M)

Figure 2. Canopy thermography analysis in tomato plants cv. Elpida F1 treated with different concentration of phytohormones in soil naturally infested with *N. aberrans*. La Plata, Argentina, 2014.

Figura 2. Análisis de la termografía en el canopeo de plantas de tomate cv. Elpida F1 tratadas con distintas concentraciones de fitohormonas en suelo naturalmente infestado con *N. aberrans*. La Plata, Argentina, 2014.

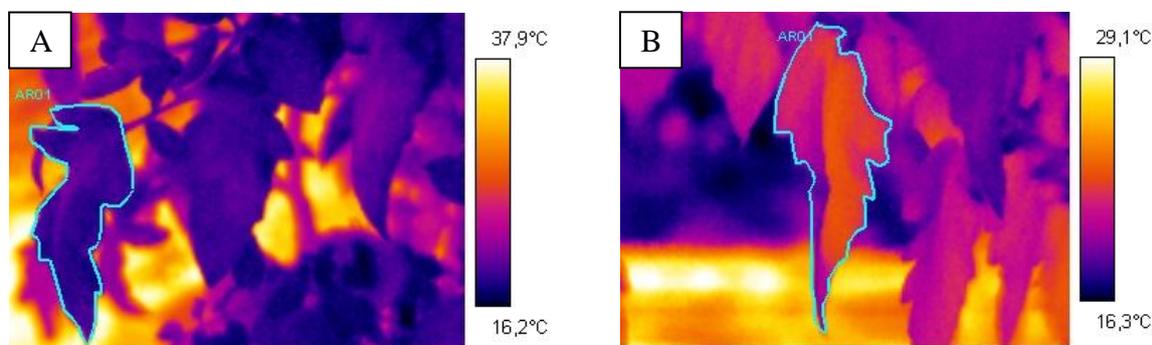


Figure 3. Thermography photo of a leaf in tomato plants cv. Elpida F1 treated with salicylic acid $1,0 \times 10^{-4}$ M (A) and untreated (B). La Plata, Argentina, 2014.

Figura 3. Foto termográfica de una hoja en plantas de tomate cv. Elpida F1 tratadas con ácido salicílico $1,0 \times 10^{-4}$ M (A) y sin tratar (B). La Plata, Argentina, 2014.

Las plantas tratadas con la mayor concentración de ácido salicílico presentaron también un índice de verdor significativamente más elevado que el resto de los tratamientos; mientras que las plantas testigo alcanzaron valores significativamente más bajos, seguidas por las tratadas con la menor dosis de etileno (Tabla 1). Suazo Castro (2019) también detectó mayor índice de

verdor en plantines de tomate a los que se les aplicó ácido salicílico, respecto a las plantas sin tratar. Chávez Arias *et al.* (2020) registraron un incremento significativo en el contenido de pigmentos fotosintéticos en goldenberry, al aumentar el número de aplicaciones de ácido salicílico, lo que explicaría la respuesta a la mayor dosis observada en las condiciones de ensayo; a la vez que reportaron un menor efecto atribuible al uso de ácido jasmónico. El incremento en el contenido de pigmentos clorofílicos ha sido identificado como uno de los mecanismos del ácido salicílico en su acción preventiva frente al estrés, como se registró en trigo sometido a estrés hídrico (Singh & Usha, 2003; Yordanova & Popova, 2007) y tomate expuesto a condiciones de altas temperaturas, deficiencia de agua o toxicidad por fungicidas (Singh *et al.*, 2017; Jaham *et al.*, 2019; Yüzbaşıoğlu & Dalyan, 2019).

Table 1. Greenness index in tomato plants cv. Elpida F1 treated with different concentration of phytohormones in soil naturally infested with *N. aberrans*. La Plata, Argentina, 2014.

Tabla 1. Índice de verdor en las plantas de tomate cv. Elpida F1 tratadas con distintas concentraciones de fitohormonas en suelo naturalmente infestado con *N. aberrans*. La Plata, Argentina, 2014.

Tratamiento	Unidades SPAD
Ácido salicílico $0,5 \times 10^{-4}$ M	35,49 b ^z
Ácido salicílico $1,0 \times 10^{-4}$ M	38,35 a
Etileno $0,70 \times 10^{-3}$ M	33,80 c
Ácido jasmónico $1,00 \times 10^{-4}$ M	34,80 b
Ácido jasmónico $1,00 \times 10^{-5}$ M	34,98 b
Etileno $0,35 \times 10^{-3}$ M	33,27 c
Testigo	32,40 d

^z Medias con una letra diferente indican diferencias significativamente según prueba de Tukey ($p \leq 0,05$)

4. Conclusiones

En las condiciones de este ensayo la utilización del ácido salicílico es factible para aumentar la resistencia de las plantas frente al ataque de *Nacobbus aberrans*. La respuesta de las plantas a la aplicación de ácido salicílico así como la detección temprana del daño producido por *Nacobbus aberrans* se puede evaluar con dos parámetros fisiológicos no destructivos como la temperatura foliar y el índice de verdor. La asimilación neta de CO₂, la conductancia estomática, la transpiración y la eficiencia del uso del agua instantánea no fueron efectivas para detectar ni el efecto del ácido salicílico, ácido jasmónico o etileno como elicitores ni los daños provocados por la infestación natural por *Nacobbus aberrans*.

5. Bibliografía

- Adlercreutz, E. G.; Chaves, E.; Mondino, E. & Szczesny, A. 2008. Fluctuación poblacional de juveniles del segundo estadio de *Nacobbus aberrans* y *Meloidogyne* sp. bajo condiciones de invernáculos (Período sept. 2004/oct.

- 2007). Disponible en <https://inta.gob.ar/documentos/fluctuacion-poblacional-de-juvenil-del-segundo-estadio-de-nacobbus-aberrans-y-meloidogyne-sp.-bajo-condiciones-de-invernáculos>. (Consulta 24 de mayo de 2020).
- Chávez-Arias, C. C.; Gómez-Caro, S. & Restrepo-Díaz, H. 2020. Physiological responses to the foliar application of synthetic resistance elicitors in cape gooseberry seedlings infected with *Fusarium oxysporum* f. sp. *Physali*. *Plants* 9: 176.
- Costa, J. M.; Grantand, O. M. & Chaves, M. M. 2013. Thermography to explore plant–environment interactions. *Journal of Experimental Botany* 64: 3937–3949.
- Cristóbal, A. J.; Cid del Prado V., I.; Sánchez, G. S.; Marbán-Mendoza, N.; Manzanilla, L. R. H. & Mora-Aguilera, G. 2001. Alteraciones nutrimentales en tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) por efecto de *Nacobbus aberrans*. *Nematropica* 31: 219-226.
- Di Rienzo, J.A.; Casanoves, F.; Balzarini, M.G.; Gonzalez, L.; Tablada, M.; Robledo, C.W. 2011. InfoStat versión 2011. Grupo InfoStat. FCA. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. <http://www.infostat.com.ar>.
- Flores Camacho, R.; Manzanilla López, R. H.; del Prado Vera, I. C.; Martínez Garza, A. 2007. Control de *Nacobbus aberrans* (Thorne y Allen) con *Pochonia chlamydosporia* (Goddard). *Revista Mexicana de Fitopatología* 25: 26-34.
- Gheysen, G. & Mitchum, M. G. 2019. Phytoparasitic nematode control of plant hormone pathways. *Plant Physiology* 179: 1212–1226.
- Jahan, M. J.; Wang, Y.; Shu, S.; Zhong, M.; Chen, Z.; Wu, J.; Sun, J. Guo, S. 2019. Exogenous salicylic acid increases the heat tolerance in Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) by enhancing photosynthesis efficiency and improving antioxidant defense system through scavenging of reactive oxygen species. *Scientia Horticulturae* 35: 421-429.
- Joalland, S.; Screpanti, C.; Liebisch, F.; Vincent Varella, H.; Gaume, A. & Achim, W. 2017. Comparison of visible imaging, thermography and spectrometry methods to evaluate the effect of *Heterodera schachtii* inoculation on sugar beets. *Plant Methods* 13: 73.
- López-Martínez, N.; Colinas-León, M. T.; Peña-Valdivia, C. B.; Salinas-Moreno, Y.; Fuentes-Montiel, P.; Biesaga, M. & Zavaleta-Mejía, E. 2010. Alterations in peroxidase activity and phenylpropanoid metabolism induced by *Nacobbus aberrans* Thorne and Allen, 1944 in chilli (*Capsicum annum* L.) CM334 resistant to *Phytophthora capsici* Leo. *Plant Soil* 338: 399-409.
- Marhavý, P.; Kurenda, A.; Siddique, S.; Dénervaud Tendon, V.; Zhou, F.; Holbein, J.; Hasan, M. S.; Grundler, F. M. W.; Farmer, E. E. & Geldner, N. 2019. Single-cell damage elicits regional, nematode-restricting ethylene responses in roots. *The EMBO Journal* 38: e100972.
- Martínez, S; Garbi, M.; Masi, A.; Morelli, G.; Cerisola, C. & Carbone, A. 2018. Evaluación de técnicas combinadas en la producción de tomate protegido sobre suelos con nemátodos: utilización de portainjertos, biofumigación, aplicación de hormonas vegetales y biocontroladores. En: Buenas prácticas en producciones horti-florícolas en áreas periurbanas. Luján, Buenos Aires, EdUNLu. p. 99-114 (Garbi, M. & Sangiacomo, M. A. coord.)
- Mioranza, T. M.; Inagaki, A. M.; Anghinoni Müller, M.; Stangarlin, J. R.; Guimarães, V. F.; Klein, J & Kuhn, O. J. 2018. Gas exchange and

- photosynthetic light response curves in nematode-infected tomato plants treated with *Thuya occidentalis*. Australian Journal of Crop Science 12: 583-591.
- Mitidieri, M. S.; Piris, E.; Brambilla, M.; Barbieri, M.; Cap, G.; Gonzalez, E.; Del Pardo, K.; Ciapone, M.; Celié, R.; Arpía, E.; Paunero, I.; Peralta, R.; Verón, R. & Sánchez, F. 2015. Evaluación de parámetros de rendimiento y sanidad de dos híbridos comerciales de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) injertados sobre *Solanum sisymbriifolium* (Lam.), en un invernadero con suelo biosolarizado. Horticultura Argentina 34: 5-17.
- Raza, S-e-A.; Prince, G.; Clarkson, J. P. & Rajpoot, N. M. 2015. Automatic detection of diseased tomato plants using thermal and stereo visible light images. PLoS ONE 10: e0123262. 10.1371/journal.pone.0123262.
- Riascos Ortíz, D. H. 2014. Los nemátodos fitopatógenos como inductores de estrés biótico en plantas. Revista de Investigación Agraria y Ambiental 5: 259-267.
- Ristaino, J. B. & Thomas, W. 1997. Agriculture, methyl bromide and the ozone hole: can will fill the plant gaps? Plant Disease 81: 964-977.
- Romphael, Y.; Cardarelli, M.; Reat, E. & Colla, G. 2008. Grafting of cucumber as a means to minimize copper toxicity. Environmental Experimental Botany 63:49-58.
- Samaniego-Gámez, B. Y.; Reyes-Ramírez, A.; Moreno-Valenzuela, O. A. & Tun-Suárez, J. M. 2017. Resistencia sistémica inducida contra virus fitopatógenos mediada por la inoculación con la rizobacteria *Bacillus* spp. Revista de Protección Vegetal 32: 10-22.
- Sharma, M.; Gupta, S. K.; Majumder, B.; Maurya, V. K.; Deeba, F.; Alam, A. & Pandeya, V. 2017. Salicylic acid mediated growth, physiological and proteomic responses in two wheat varieties under drought stress. Journal of Proteomics 163: 28-51.
- Singh, B. & Usha, K. 2003. Salicylic acid induced physiological and biochemical changes in wheat seedlings under water stress. Plant Growth Regulation 39: 137-141.
- Singh, S. K.; Singh, A. K. & Padmanabh, D. 2017. Modulating effect of salicylic acid in tomato plants in response to waterlogging stress. International Journal of Agriculture, Environment and Biotechnology 10: 31-37.
- Sohag, A. A. M.; Tahjib-Ul-Arif, M.; Brestic, M.; Afrin, S.; Sakil, M. A.; Hossain, M. T.; Hossain, M. A. & Hossain M. A. 2020. Exogenous salicylic acid and hydrogen peroxide attenuate drought stress in rice. Plant Soil Environment 66: 7-13.
- Souza, R.; Machado, E.; Silva, J.; Lagoa, A. & Silveira, A. 2004. Photosynthetic gas exchange, chlorophyll fluorescence and some associated metabolic changes in cowpea (*Vigna unguiculata*) during water stress and recovery. Environmental Experimental Botany 51:45-56.
- Suazo Castro, B. R. 2019. Identificación de defensas inducibles a mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum*) en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*) elicitadas con fitohormonas. Tesis (M. Sc.). La Plata, UNLP. 87 p.
- Susič, N.; Žibrat, U.; Širca, S.; Strajnar, P.; Razinger, J.; Knapič, M.; Vončina, A.; Urek, G. & Gerič Stare, B. 2018. Discrimination between abiotic and biotic drought stress in tomatoes using hyperspectral imaging. Sensors and Actuators B: Chemical 273: 842-852.
- Verma, V.; Ravindran, P. & Kumar, P. P. 2016. Plant hormone-mediated regulation of stress responses. BMC Plant Biology 16: 86.
- Wenjing, Z.; Chen, H.; Ciechanowska, I. &

- Spaner, D. 2018 Application of infrared thermal imaging for the rapid diagnosis of crop disease. IFAC-Papers On Line 51: 424-430.
- Xu, H.; Zhu, S.; Ying, Y. & Jiang, H. 2006. Early detection of plant disease using infrared thermal imaging. SPIE Proceedings 6381: Optics for Natural Resources, Agriculture, and Foods.
- Yordanova, R. & Popova, L. P. 2007. Effect of exogenous treatment with salicylic acid on photosynthetic activity and antioxidant capacity of chilled wheat plants. General and Applied Plant Physiology 33: 155-170.
- Yüzbaşıoğlu, E. & Dalyan, E. 2019. Salicylic acid alleviates thiram toxicity by modulating antioxidant enzyme capacity and pesticide detoxification systems in the tomato (*Solanum lycopersicum* Mill.). Plant Physiology and Biochemistry 135: 322-330.
- Zheng, N.; Wang, M.; Wang, H. & Ai, X. 2009. Effects of grafting on photosynthesis of sweet pepper seedlings under low temperature and weak light intensity. The Journal of Applied Ecology 20: 591-596.
- Zhou, J.; Jia, F.; Shao, S.; Zhang, H.; Li, G.; Xia, X.; Zhou, Y.; Yu, J. & Shi, K. 2015. Involvement of nitric oxide in the jasmonate-dependent basal defense against root-knot nematode in tomato plants. Frontier in Plant Science 6: 193.

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