

Systemic acquired resistance to manage the Mexican papita viroid in tomato crop (*Solanum lycopersicum* L.)

Inductores de resistencia sistémica adquirida para el manejo del viroide de la papita mexicana en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.)

Mejorada-Cuellar, Berenice Y.¹; Zamora-Macorra, Erika J.^{1*}; Vilchis-Zimuta, Robert²; Zamora-Macorra, Mireya³

¹Universidad Autónoma Chapingo, km 38.5, carretera México-Texcoco, Chapingo, Estado de México. C. P. 56230. ²Colegio de Posgraduados, km 36.5, carretera México-Texcoco, Montecillo, Texcoco, Estado de México. C. P. 56230. ³Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, Calzada del Hueso 1100, Col. Villa Quietud, Delegación Coyoacán, C. P. 04960. Ciudad de México.

*Autor para correspondencia: erikazam@gmail.com

ABSTRACT

Objective: To determine the effect of honey, silver nanoparticles, silicon, ethyl extract of bougainvillea (*Bougainvillea glabra*) and commercial products Actigard[®] and Messenger Gold[®] in healthy tomato plants and in plants infected with the Mexican papita viroid (MPVd), produced under greenhouse in hydroponic system.

Design/methodology/approach: Healthy and Mexican papita viroid (MPVd) inoculated Pai-Pai tomato plants were sprayed with different treatments: water, honey, silver nanoparticles, silicon, bugambilia ethyl extract (*Bougainvillea glabra*), Actigard[®] and Messenger Gold[®]. The evaluated variables were height, stem diameter and severity per plant, as well as the total harvest per treatment. With severity, the area under the disease progress curve (AUDPC) was determined. The experimental design was completely randomized with 14 treatments and 20 repetitions. The experimental unit was 1 tomato plant. Analysis of variance and multiple comparisons of means were analyzed. Tukey's test with a 5% significance level was analyzed as a posthoc method.

Results: Plants inoculated with Messenger Gold[®] and water had the highest AUDPC. Honey and silver had the lowest AUDPC and the lowest final severities. The final severity in inoculated plants was significantly different. Regarding stem diameter, treatments had significant differences but with height, no differences was found between the treatments.

Limitations on study/implications: Only one tomato variety was used in the present experiment.

Findings/conclusions: The bee honey proved to be the best inducer of acquired systemic resistance against MPVd. The silver nanoparticles caused the decrease in severity in plants inoculated with MPVd. The bougainvillea extract and the silver nanoparticle favored the performance in non-inoculated plants.

Keywords: *Bougainvillea*, silver nanoparticle, honney, silicon.

RESUMEN

Objetivo: Determinar el efecto de la miel de abeja, nanopartículas de plata, silicio, extracto etílico de bugambilia (*Bougainvillea glabra*) y los productos comerciales Actigard[®] y Messenger Gold[®], en plantas de tomate sanas e infectadas con el viroide de la papita mexicana (MPVd), producidas en cultivo hidropónico bajo invernadero.

Agroproductividad: Vol. 13, Núm. 7, julio. 2020. pp: 75-80.

Recibido: enero, 2020. **Aceptado:** junio, 2020.

Diseño/metodología/aproximación: Plantas de tomate de la variedad Pai-Pai sanas e inoculadas con el viroide de la papita mexicana (MPVd) se asperjaron con diferentes tratamientos: agua, miel de abeja, nanopartículas de plata, silicio, extracto etílico de bugambilia (*Bougainvillea glabra*), Actigard® y Messenger Gold®. Las variables evaluadas fueron: altura, diámetro de tallo y severidad por planta, así como el rendimiento total por tratamiento. Con la severidad se determinó el área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE). El diseño experimental fue completamente al azar con 14 tratamientos y 20 repeticiones. La unidad experimental fue una planta de tomate. Se realizaron análisis de varianza y comparaciones múltiples de medias, como método posthoc se utilizó la prueba de Tukey con nivel de significancia al 5%.

Resultados: Las plantas inoculadas con Messenger Gold® y agua tuvieron la mayor ABCPE. La miel y las nanopartículas de plata tuvieron la menor ABCPE y las menores severidades finales. La severidad final en plantas inoculadas fue significativamente diferente entre tratamientos; asimismo, el diámetro de tallo fue distinto entre tratamientos. Por el contrario, en la altura de planta, no se encontraron diferencias significativas entre los distintos tratamientos.

Limitaciones del estudio/implicaciones: Se utilizó solo una variedad de tomate en el presente experimento.

Hallazgos/conclusiones: La miel de abeja demostró ser el mejor inductor de resistencia sistémica adquirida contra el MPVd. Las nanopartículas de plata causaron la disminución de la severidad en plantas inoculadas con MPVd. El extracto de bugambilia y las nanopartículas de plata favorecieron el rendimiento en plantas no inoculadas.

Palabras clave: *Bougainvillea*, nanopartículas de plata, miel, silicio.

INTRODUCCIÓN

Los viroides son los fitopatógenos de menor complejidad estructural y genética que se conocen, están constituidos de una cadena circular de RNA desnudo, cerrada covalentemente y de bajo peso molecular (Ding, 2009). El viroide de la papita mexicana (MPVd) se identificó en 1996 en México, en un cultivo de papita (*Solanum cardiophyllum*) (Martínez *et al.*, 1996); y en 2008 se encontró por primera vez afectando un cultivo de tomate en Canadá (Ling y Bledsoe, 2009). En México, en el 2008 se encontró al MPVd y al viroide del enanismo clorótico del tomate infectando plantas de tomate sembradas en grandes extensiones de invernaderos (Ling y Zhang, 2009). Actualmente el MPVd se sigue detectando en otras zonas productoras del Estado de México. Las plantas infectadas por el MPVd tienen hojas con mosaico y clorosis; en etapas avanzadas, las hojas se tornan púrpuras, las plantas son enanas y si producen frutos, éstos serán pequeños.

Hasta el momento el único tratamiento recomendado cuando existen plantas infectadas por viroides es la eliminación inmediata de las mismas, lo que representa una pérdida económica para el productor. Una de las

estrategias utilizadas para mitigar los daños de fitopatógenos en las plantas son el uso de inductores de resistencia sistémica, como el acibenzolar s-metil o las proteínas harpin; sin embargo, no se conocen sus efectos en plantas infectadas por viroides. Además, el precio en el mercado de algunos inductores es elevado, lo que dificulta que el productor haga uso de éstos para minimizar las pérdidas en su cultivo. Por tanto, el objetivo de la presente investigación fue determinar el efecto de inductores de resistencia sistémica en el crecimiento, rendimiento y severidad observada en plantas de tomate sanas e infectadas con el MPVd, producidas intensivamente. Los productos utilizados fueron miel de abeja al 2%, nanopartículas de plata, silicio, extracto etílico de bugambilia (*Bougainvillea glabra*), Actigard® y Messenger Gold®.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo en un invernadero del campo agrícola experimental de la Universidad Autónoma Chapingo, de junio a noviembre de 2018. Se utilizaron plantas de tomate saladet variedad Pai-Pai, como sustrato se utilizó tezontle previamente desinfectado con sales cuaternarias de amonio y el cultivo se mantuvo con la solución nutritiva Steiner como base. Se realizaron podas de formación y tutorio, así como aplicaciones de insecticidas sistémicos y bactericidas.

Inoculación mecánica. Las plántulas se trasplantaron cuando tenían 2 hojas verdaderas. Después de 15 días, se realizó la inoculación del viroide infringiendo daño mecánico sobre un foliolo de la hoja verdadera con carborundum de

400 mallas y frotando un macerado del tejido vegetal infectado en buffer de fosfato pH 7.0. La fuente de inóculo utilizada fue material vegetal positivo a MPVd de la colección de virus fitopatógenos del Colegio de Postgraduados. Para corroborar la infección, 30 días después de la inoculación se tomaron al azar muestras compuestas de tejido vegetal por tratamiento (foliolo de cinco plantas) para su análisis por RT-PCR. La extracción de RNA total se realizó mediante TRIzol[®] y las condiciones y cebadores utilizados para la retrotranscripción fueron los descritos por Bostan *et al.* (2004). Los productos obtenidos se observaron en un gel de agarosa al 1%.

Diseño experimental. El diseño experimental fue completamente al azar con 14 tratamientos y 20 repeticiones, dentro de los cuales se evaluaron dos testigos, el testigo negativo sin inoculación y sin aplicación de inductores, y un testigo positivo con inoculación y sin aplicación de inductores (Cuadro 1). La unidad experimental fue una planta de tomate.

Evaluación. Todas las plantas se analizaron visualmente cada semana, hasta la fructificación. Se registraron los datos de altura, diámetro de tallo y severidad por planta, así como el rendimiento total por tratamiento. Para la severidad se modificó la escala progresiva propuesta por Lapidot *et al.* (2006), que consta de 5 clases (1=asintomática, 2=ligera clorosis intervenal en ápice o hojas, 3=mosaico evidente en hojas, 4=mosaico evidente y enaciones, 5=deformación severa y achaparramiento) (Figura 1). Con la severidad se pudo determinar el mejor modelo de análisis epidemiológicos (logístico o lineal) para estimar el área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE).

Para el análisis estadístico, se compararon la altura y diámetro del tallo entre los distintos tratamientos mediante un análisis de varianza, posteriormente se realizó la prueba *post hoc* Tukey con la que se identificaron los tratamientos que mostraron mayor eficacia, se consideró un nivel de significancia al 0.05%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los primeros síntomas aparecieron 8 días después de la inoculación. La infección se corroboró mediante la obtención del producto de RT-PCR del fragmento esperado (200 pb) en las muestras compuestas por tratamiento, y solo se detectó en plantas inoculadas (figura no mostrada). Con los datos obtenidos de severidad, se construyeron curvas del progreso de la enfermedad (Figura 2) y se estimó la intensidad de la enfermedad con los siguientes parámetros epidemiológicos: área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE), tasa de infección aparente (con el modelo logístico y lineal) y severidad final (Y final) (Cuadro 2).

Los tratamientos 6 y 7 (Messenger Gold[®] y el testigo positivo) tuvieron la mayor ABCPE. Como era de esperarse, las plantas infectadas asperjadas solo con agua (tratamiento 7) fueron las que presentaron síntomas más severos y también las que tuvieron un menor rendimiento (Cuadro 3).

La miel y las nanopartículas de plata tuvieron la menor ABCPE (Cuadro 2) y las menores severidades finales (Cuadro 3). Las nanopartículas de plata se han utilizado como antibiótico contra bacterias y hongos fitopatógenos en plantas, ya que aumentan la producción de oxígeno reactivo que en exceso pueden dañar las membranas celulares (Durán *et al.*, 2010) y provoca la

Cuadro 1. Tratamientos utilizados y frecuencia de aspersión.

Tratamiento	Inoculación del MPVd	8 ddi [†]	16 ddi	24 ddi	33 ddi	41 ddi
1	Si	Mi [‡]	Mi	Mi	Mi	M
2	Si	ExB	ExB	ExB	ExB	ExB
3	Si	Ag	Ag	Ag	Ag	Ag
4	Si	Sil	Sil	Sil	Sil	Sil
5	Si	Act		Act		Act
6	Si	MeG		MeG		MeG
7	Si	TP-A	TP-A	TP-A	TP-A	TP-A
8	No	Mi	Mi	Mi	Mi	Mi
9	No	ExB	ExB	ExB	ExB	ExB
10	No	Ag	NaAg	NaAg	NaAg	Ag
11	No	Sil	Sil	Sil	Sil	Sil
12	No	Act		Act		Act
13	No	MeG		MeG		MeG
14	No	TN-A	TN-A	TN-A	TN-A	TN-A

[†]ddi: días después de la inoculación. [‡]Mi: miel de abeja al 2%, ExB: extracto etílico de bugambilia al 10%, Ag: nanopartículas de plata coloidal (13 mg L⁻¹), Sil: silicio (4 mg L⁻¹), Act: Actigar[®], MeG: Messenger Gold[®], TP-A: testigo positivo asperjado con agua y TN-A: testigo negativo asperjado con agua.

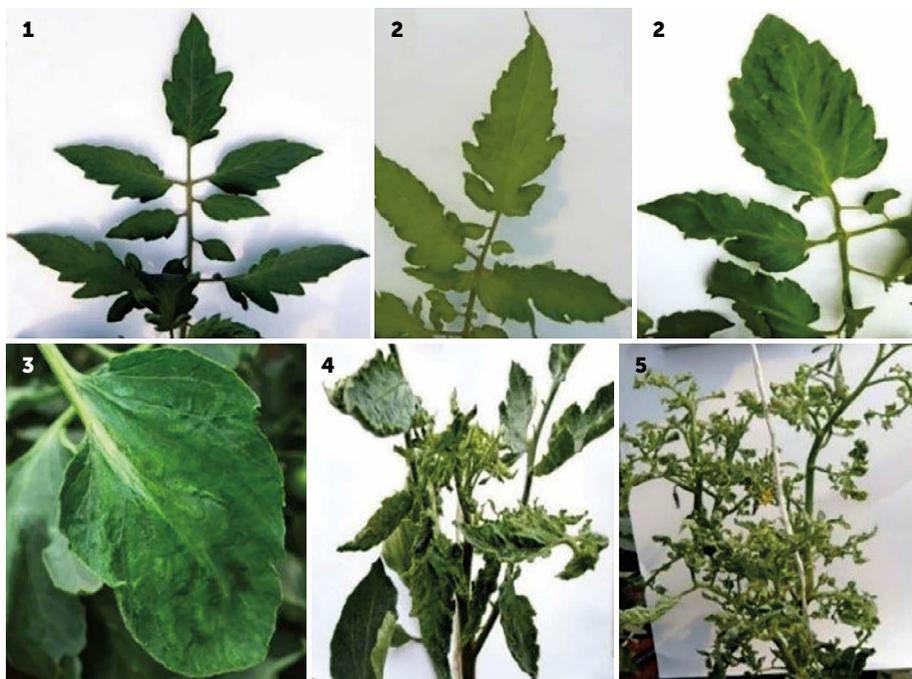


Figura 1. Escala de severidad progresiva propuesta en plantas de tomate infectadas por el viroide de la papita mexicana (MPVd). 1=asintomática, 2=ligera clorosis intervenal en ápice o hojas, 3=mosaico evidente en hojas, 4=mosaico evidente y enaciones, 5=deformación severa y achaparramiento.

Cuadro 2. Parámetros epidemiológicos estimadores de intensidad de enfermedad ocasionada por viroide de la papita mexicana (MPVd) en plantas de tomate (*Solanum lycopersicum*).

Tratamiento	Ajuste Modelo	ABCPE (%acumulado por semana)	Y final ajustada	$\beta 1$
1.Mi	Logístico	13.17	3.35	0.49
2.ExB	Logístico	17.42	3.32	0.49
3.Ag	Logístico	15.71	3.04	0.59
4.Sil	Lineal	16.92	4.08	0.43
5.Act	Lineal	17.29	3.66	0.31
6.MeG	Logístico	17.87	3.40	0.52
7.TP-A	Logístico	21.71	3.71	0.80

1. Mi: miel de abeja al 2%. 2. ExB: extracto etílico de bugambilia al 10%. 3. Ag: nanopartículas de plata coloidal (13 mg L⁻¹). 4. Si: silicio (4 mg L⁻¹). 5. Act: Actigar®. 6. MeG: Messenger Gold® y 7. TP-A: testigo positivo asperjado con agua.

desnaturalización e inhibe la replicación del ADN (Sharma *et al.*, 2012).

La miel de abeja al 2% ha sido evaluada en diversos experimentos y se ha demostrado que las aplicaciones foliares en tomate incrementan el peso de los frutos y mejoran su calidad (Rodríguez-Mendoza *et al.*, 2015); además incrementa la altura de la planta y el diámetro del tallo (Villegas-Torres *et al.*, 2001). En plantas de tomate infectadas por el virus de la marchitez manchada del tomate (TSWV), demostró una disminución de la concentración viral a los 30 después de la inoculación (Ramírez-Florez *et al.*, 2006).

La severidad final en plantas inoculadas fue significativamente diferente, los tratamientos 7 y 4 (testigo positivo y silicio) tuvieron los valores más elevados de la escala (Cuadro 3). El silicio provee resistencia a las plantas contra insectos ya que sirve como barrera mecánica al acumularse en las paredes celulares, además de que en las plantas se sintetizan más compuestos fenólicos, lignina y fitoalexinas (Castellanos *et al.*, 2015). Sin embargo, en plantas de lechuga infectadas por un hongo, las altas concentraciones de silicio disminuyeron el área foliar y el peso seco y fresco (Dios-Delgado *et al.*,

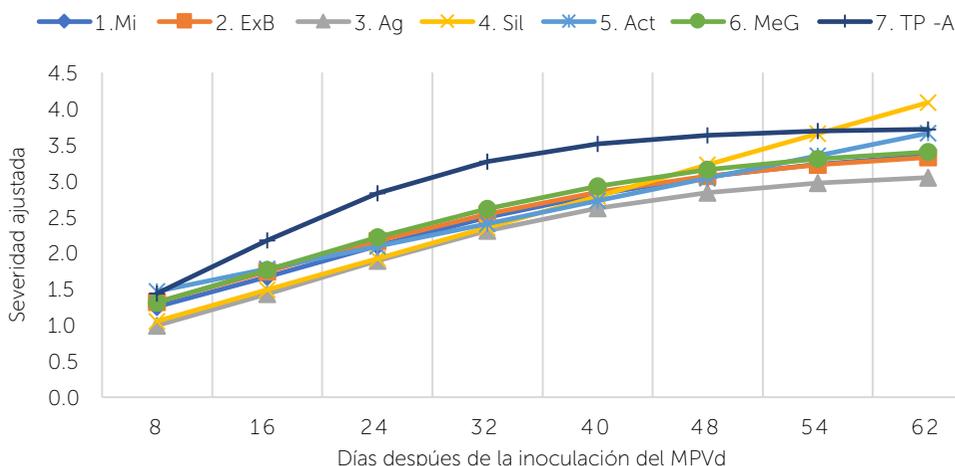


Figura 2. Efecto de los tratamientos en las curvas del progreso de la enfermedad ocasionada por el viroide de la papita mexicana (MPVd) en plantas de tomate (*Solanum lycopersicum*). 1. Mi: miel de abeja al 2%, 2. ExB: extracto etílico de bugambilia al 10%, 3. Ag: nanopartícula de plata coloidal (13 mg L⁻¹), 4. Si: silicio (4 mg L⁻¹), 5. Act: Actigar®, 6. MeG: Messenger Gold®, 7. TP-A: testigo positivo asperjado con agua.

Cuadro 3. Efecto de la aplicación de los tratamientos en el diámetro del tallo, altura y rendimiento promedio obtenido en las plantas de tomate (*Solanum lycopersicum*).

Tratamiento	Diámetro promedio (cm)	Altura promedio (cm)	Promedio de Severidad final	Rendimiento total (kg)
1. Mi	4.030 ab [§]	154.650 a	3.550 ab	21.02
2. ExB	4.280 a	149.600 a	3.500 ab	17.71
3. Ag	3.735 abc	147.100 a	3.200 b	15.97
4. Sil	3.850 abc	149.550 a	3.900 a	16.81
5. Act	3.87 abc	148.850 a	3.500 a	20.31
6. MeG	3.455 c	135.550 a	3.550 ab	19.68
7. TP-A	3.765 abc	145.200 a	3.900 a	14.40
8. Mi	4.250 a	154.500 a	1.000 c	17.15
9. ExB	3.365 c	135.550 a	1.000 c	17.59
10. Ag	3.925 abc	146.150 a	1.000 c	17.71
11. Sil	3.655 bc	154.250 a	1.000 c	16.72
12. Act	3.920 abc	148.600 a	1.000 c	15.87
13. MeG	3.850 abc	149.650 a	1.000 c	13.07
14. TN-A	4.075 ab	136.550 a	1.000 c	17.14

[†]1-7: Plantas inoculadas con el viroide de la papita mexicana (MPVd); 8-14: plantas no inoculadas. Mi: miel de abeja al 2%, ExB: extracto etílico de bugambilia al 10%, Ag: nanopartículas de plata coloidal (13 mg L⁻¹), Si: silicio (4 mg L⁻¹), Act: Actigard[®], MeG: Messenger Gold[®], TP-A: testigo positivo asperjado con agua y TN-A: testigo negativo asperjado con agua. [§]Medias con letras distintas en cada columna son significativamente diferentes (Tukey, p≤0.05).

2006). Esta es la primera vez que se evalúa este elemento en plantas infectadas por viroides.

La altura de las plantas no fue distinta entre tratamientos; sin embargo, la miel favoreció el crecimiento de plantas infectadas (Cuadro 3).

Por otro lado, el extracto de bugambilia incrementó el diámetro del tallo solo en las plantas inoculadas (tratamiento 2); mientras que en plantas sanas, se observó un efecto contrario (tratamiento 9) (Cuadro 3). El extracto etílico de las flores (brácteas) de bugambilia (*Bougainvillea spectabilis*) tiene propiedades antifúngicas y antibacterianas (Kumara et al., 2012); ésta es la primera vez que se emplea contra un viroide, pero se sabe que los extractos de hojas inhiben la formación de lesiones locales cuando se inocula mecánicamente al TSWV en Chile (Balasaraswathi et al., 1998) y retrasan la aparición de síntomas ante la infección con virus del mosaico amarillo de la oca (Pun et al., 1998); esto debido probablemente a la presencia de proteínas antivirales.

Los mayores rendimientos se obtuvieron en los tratamientos de miel (tratamiento 1) y el Actigard[®] (tratamiento 5); y en general se observó que, las plantas inoculadas con el MPVd tuvieron un mayor rendimiento respecto

a las sanas (Cuadro 3). Existen reportes de plantas infectadas (*Ludwigia perennis*, *Corchorus olitorius*, *Hibiscus sabdariffa* y *H. cannabinus*) con el virus del mosaico necrótico del arroz que han incrementado hasta en un 140% su crecimiento (Kumar, 1982). Resultados similares se registraron en plantas de Chile infectadas por el virus del mosaico del tabaco, el virus del mosaico del pepino y el virus Y de la papa (Damiri, 2014). Las infecciones virales inducen o reprimen la expresión génica de un amplio rango de procesos celulares, incluyendo la regulación hormonal, el ciclo celular y el transporte endógeno de macromoléculas. Algunos síntomas de infecciones virales son el resultado de alteraciones en el crecimiento y desarrollo de la planta debido al desbalance en giberelinas y citocininas (Kumar, 1982; Pallas y García, 2011).

El ingrediente activo del Actigard[®] es acibenzolar-S-metil (ASM), que es un inductor de resistencia sistémica adquirida y sirve para contrarrestar el efecto de diversos problemas fitosanitarios, incluyendo virus (Vallad y Goodman, 2004). Este ingrediente activo se ha evaluado en plantas de tomate infectadas con un virus del género Potyvirus y con TSWV, demostrando una reducción de la incidencia y severidad (Momol et al., 2004; Mejía et al., 2009). Al parecer el éxito del ASM depende de la dosis ya que puede generar fitotoxicidad, y si se hace o no una aplicación previa a la inoculación mecánica (Mejía et al., 2009).

En general se observó que los tratamientos en plantas inoculadas (tratamientos 1 al 6) incrementaron el rendimiento comparándolo con el testigo positivo (tratamiento 7), demostrando así la efectividad de éstos. Respecto a las plantas sanas, no inoculadas con el MPVd, el tratamiento 13 (Messenger Gold[®]) fue el que tuvo el menor rendimiento y los tratamientos 9 y 10 (extracto de bugambilia y nanopartículas de plata) fueron los mejores (Cuadro 3).

El ingrediente activo del Messenger Gold[®] es la proteína harpin, y en trabajos previos donde evaluaron altura y rendimiento en plantas de tomate, las plantas tratadas

y no tratadas se comportaron de la misma manera, por lo que no favoreció ni el crecimiento ni la producción (Salamanca y Alvarado, 2012), pero en cultivares de Chile aumentó hasta en 16% la producción y además mejoró la calidad de fruta (sólidos solubles, ácidos y pH) (Akbuldak *et al.*, 2007).

CONCLUSIONES

La miel de abeja al 2% demostró ser el mejor inductor de resistencia sistémica adquirida contra el MPVd bajo las condiciones de la presente investigación, ya que tuvo el mayor rendimiento y altura, así como una menor ABCPE.

Las nanopartículas de plata fue el tratamiento que redujo más la severidad en plantas inoculadas con MPVd, y el extracto de bugambilia y las nanopartículas de plata favorecieron el rendimiento en plantas sanas.

LITERATURA CITADA

- Akbuldak, N., Şeniz, V., & Tezcan, H. (2007). Effect of Harpin Protein on Yield and Fruit Quality of Pepper Grown in Greenhouse Conditions. *Acta Horticulturae*, 729, 267-270.
- Balasaraswathi, R., Sadasivam, S., Ward, M., & Walker, J.M. (1998). An antiviral protein from *Bougainvillea spectabilis* roots; Purification and characterization. *Phytochemistry*, 47(8), 1561-1565.
- Bostan, H., Nie, X., & Singh, R. P. (2004). An RT-PCR primer pair for the detection of Pospiviroid and its application in surveying ornamental plants for viroids. *Journal of Virological Methods*, 116, 189-193.
- Castellanos, G. L., de Mello, P. R., & Silva, C. C. N. (2015). El silicio en la resistencia de los cultivos. *Cultivos Tropicales*, 36(1), 16-24.
- Damiri, N. (2014). Mixed viral infection and growth stage on chilli (*Capsicum annuum* L.) Production. *Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science*, 37(2), 275-283.
- Ding, B. (2009). The biology of viroid-host interactions. *Annual Review of Phytopathology*, 47, 105-131.
- Dios-Delgado, I., Sandoval-Villa, M., Rodríguez-Mendoza, M. N., & Cárdenas-Soriano, E. (2006). Aplicaciones foliares de calcio y silicio en la incidencia de mildiu en lechuga. *Terra Latinoamericana*, 24(1), 91-98.
- Durán, N., Marcato, Pd., Ingle, A., Gade, A., & Rai, M. (2010). Fungi-Mediated Synthesis of Silver Nanoparticles: Characterization Processes and Applications. En M. Rai, & G. Kövics (Eds.), *Progress in Mycology* (pp. 425-449). Dordrecht: Springer.
- Kumar, G. S. (1982). Growth promotion in plants by Rice necrosis mosaic virus. *Planta*, 155(3), 193-198.
- Kumara S. M., Sudipta, K. M., Lokesh, P., Neeki, M. A., Rashmi, W., Bhaumik, S. H., Darshil, S. H., Vijay, R., & Kashyap, S. S. N. (2012). Phytochemical screening and in vitro antimicrobial activity of *Bougainvillea spectabilis* flower extracts. *International Journal of Phytomedicine*, 4, 375-379.
- Lapidot M., Ben-Joseph R., L Cohen, & D Levy. (2006). Development of a Scale for Evaluation of tomato yellow leaf curl virus resistance level in tomato plants. *Phytopathology*, 96(12), 1404-8.
- Ling, K., & Bledsoe, M. (2009). First report of Mexican papita viroid infecting greenhouse tomato in Canada. *Plant Disease*, 93, 839.
- Ling, K. S., & Zhang, W. (2009). First report of a natural infection by Mexican papita viroid and tomato chlorotic dwarf viroid on greenhouse tomatoes in Mexico. *Plant Disease*, 93(11), 1216.
- Martínez-Soriano J. P., Galindo-Alonso, J., Maroon, C. J., Yucel, I., Smith, D. R., & Diener, T. O. (1996). Mexican papita viroid: Putative ancestor of crop viroids. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States*, 93(18), 9397-401.
- Mejía, D. M. A., Rodas, E. I. G., Patiño, L. F. H., & González, E. P. J. (2009). Efecto del acibenzolar-s-metil sobre el desarrollo de la virosis causada por potyvirus en tomate de árbol. *Agronomía Colombiana*, 27(1), 87-93.
- Momol, T., Olson, S. M., Funderburk, J. E., Stavisky, J., & Marois, J. J. (2004). Integrated management of tomato spotted wilt in field-grown tomato. *Plant Disease*, 88, 882-890.
- Pallas, V., & García, J. A. (2011). How do plant viruses induce disease? Interactions and interference with host components. *Journal of General Virology*, 92, 2691-2705.
- Pun, K. B., Sabitha, D., & Jeyarajan, R. (1998). Screening of plant species for the presence of antiviral principles against Okra yellow vein mosaic virus. *Indian Journal of Phytopathology*, 52(3), 221-223.
- Ramírez-Florez, J., Ochoa-Martínez, D. L., Rodríguez-Mendoza, M. N., & Mora-Aguilera, G. (2006). Efecto del ácido acético salicílico, miel y melaza en la movilidad y concentración de TSWV. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 12(2), 239-243.
- Rodríguez-Mendoza, M. N., Baca-Castillo, G., García-Cué, J. L., & Urrieta-Velázquez, J. A. (2015). Aclareo de frutos y aspersiones foliares de calcio y miel de abeja sobre la calidad de tomate tipo costilla. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 38(2), 197-204.
- Salamanca, C. M., & Alvarado, G. Á. (2012). Efecto de la proteína de Harpin y el fosfito de potasio en el control del mildiu polvoso (*Frysipe polygoni* D.C.) en tomate, en Sutamarchán, (Boyacá). *Ciencia y Agricultura*, 9(2), 65-75.
- Sharma P., Deepesh, B., Zaidi, M. G., Pardha, P., Khanna, P. K., & Sandeep, A. (2012). Silver nanoparticle mediated enhancement in growth and antioxidant status of *Brassica juncea*. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 167, 2225-2233.
- Vallad, G. E., & Goodman, R. M. (2004). Systemic acquired resistance and induced systemic resistance in conventional agriculture. *Crop Science*, 44, 1920-1934.
- Villegas-Torres, O. G., Rodríguez-Mendoza, M. N., Trejo-Téllez, L. I., & Alcántar-González, G. (2001). Potencial de la miel de abeja en la nutrición de plántulas de tomate. *Terra*, 19(1), 97-102.