

## EVALUACIÓN DE INOCULANTE DE BACTERIAS BENÉFICAS Y MICORRIZAS EN CULTIVO DE CHILE JALAPEÑO <sup>a</sup>

### EVALUATION OF BENEFICIAL BACTERIAL INOCULANT AND MYCORRHIZAE IN JALAPEÑO BELL PEPPER CULTIVATION

García- Aguilera, J.A; Arreola-Díaz, N; Servín-Torres, A.Y; Díaz-Soto, L.E;  
Morales-Flores, S; Angel-Hernández, A\*.

Departamento de Agronomía, División Ciencias de la Vida, Universidad de Guanajuato,  
Ex Hacienda El Copal km. 9, carretera Irapuato-Silao, 36500, Irapuato, Guanajuato,  
México. \*Autor para correspondencia:

Fecha de envío: 20 marzo 2021

Fecha de publicación: 30, diciembre, 2021

#### Resumen:

En la producción de chile jalapeño se afrontan daños ocasionados por enfermedades virales, fúngicas, bacterianas, dentro de estas se destacan las que afectan a las raíces por ello el objetivo del trabajo fue la evaluación productiva y la protección por microorganismos para el control de *Fusarium* sp. en el cultivo de chile jalapeño var. Mixteco en Irapuato, Guanajuato. Para lo cual, se evaluó un inoculante sólido a base de bacterias benéficas y hongos promotores de micorrizas. Mediante dos aplicaciones en la raíz con 25 g de inóculo, la primera durante la siembra y la segunda 30 días después del trasplante. Las variables evaluadas fueron: altura de planta (AP), diámetro del tallo (DT), número de hojas (NH), peso de fruto (PF) y peso de fruto por planta a la cosecha (PFP). De las variables evaluadas la que presentaron diferencias altamente significativas entre tratamientos ( $p < 0.01$ ) fueron: NH, PF, PFP y LF. Por lo que se comprobó que bacterias promotoras del crecimiento vegetal como *Azospirillum brasilense* tienen la capacidad de desplazar por competencia a otros organismos patógenos o generar una respuesta de resistencia de la planta hacia la invasión de patógenos. Se concluye que las plantas de chile jalapeño presentaron mejores características productivas cuando interactuaron con los microorganismos además se manifestó un efecto de protección en contra de *Fusarium* sp. al no presentar síntomas de este patógeno.

**Palabras clave:** inoculante sólido, *Fusarium* sp, protección por microorganismos.

---

<sup>a</sup> Proyecto de investigación del Departamento de Alimentos. División de Ciencias de la Vida. Campus Irapuato-Salamanca

## Abstract:

In the jalapeño pepper production, root damages caused by viral, fungal and bacterial diseases are primarily important. The main objective of this work was the productive evaluation of the protection provided by microorganisms for control of *Fusarium* sp. on the cultivation of jalapeño pepper var. Mixtec in Irapuato, Guanajuato. A solid inoculant based on beneficial bacteria and mycorrhizal-promoting fungi was evaluated by measuring of two applications, 25 g of inoculant, the first, at the moment of seedling, and the second 30 days after. The variables evaluated were: plant height (AP), stem diameter (DT), number of leaves (NH), fruit weight (PF) and fruit weight per plant at harvest (PFP). The NH, PF, PFP, and LF presented highly significant differences ( $p < 0.01$ ). That results demonstrate that plant growth promoting bacteria present in the inoculant such as *Azospirillum brasilense* can generate a resistance response of the plant towards invasion by pathogens. The jalapeño pepper plants inoculated with microorganisms presented better productive characteristics and did not show symptoms of damage caused by *Fusarium* sp.

**Keywords:** solid inoculant, *Fusarium* sp, Microbial consortium.

## INTRODUCCIÓN

El chile (*Capsicum annuum* L.) es un fruto de gran importancia en México desde el ámbito cultural y de consumo, existe una gran variedad de genotipos en el país, de éstos se destaca el Chile Jalapeño por ser uno de los más representativos y consumidos (Martínez-Damián et al., 2019). Los principales estados productores son Chihuahua, Sinaloa y Zacatecas, el estado de Guanajuato está ubicado en el octavo productor a nivel nacional, el consumo per cápita es de 18.1 kg (SIAP, 2018). Para su producción se afrontan los daños ocasionados por enfermedades virales, fúngicas, bacterianas u ocasionadas por cualquier otro agente externo, dentro de estas se destacan las que afectan a las raíces, lo que causa una gran pérdida económica ya que genera el aborto de flores y frutos, he incluso la muerte de la planta (Guigón et al., 2001), uno de los patógenos de mayor importancia es *Fusarium* sp. (Robles-Hernández et al., 2017). Una de las estrategias de manejo es la inoculación de hongos rizosféricos y rizobacterias antagónicas a *Fusarium spp.* que permitan generar un control de patógenos en el suelo y evitar que la raíz se afecte y se pierda la producción (Altomare y Tringovska, 2011; Bais et al., 2006; Dias et al., 2009; González et al., 2017). Esta técnica no es nueva pues es de los métodos más utilizados en la agricultura tradicional empleando materia orgánica descompuesta o composteada y estiércoles que contienen colonias de microbiológicos que permiten un biocontrol tanto de la disponibilidad de nutrientes

como la disminución de los patógenos en el suelo (Higa y Parr 2018). Por lo anterior, el objetivo del trabajo fue la evaluación productiva y la protección por microorganismos para el control de *Fusarium sp.* en el cultivo de chile jalapeño var. Mixteco en Irapuato, Guanajuato.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Ubicación del experimento**

El trabajo se realizó en el campo experimental de la División de Ciencias de la Vida de la universidad de Guanajuato ubicado en la comunidad el Copal del municipio de Irapuato durante el periodo febrero-mayo del 2020. El clima es templado semicálido húmedo (INEGI, 2021), con temperaturas promedio máximas y mínimas de 33.6 y 7.7 °C, así como, una humedad relativa promedio 40.4 % (Fundación Guanajuato Produce, 2021).

### **Manejo del cultivo**

Se utilizó chile jalapeño del cultivar Mixteco (Agrizar®), la semilla fue sembrada en charolas de 200 cavidades, las cuales fueron desinfectadas con hipoclorito de sodio al 2 % y como sustrato se utilizó Peat moss (Rekyva®). Las plántulas se cultivaron hasta que presentaron de 5 a 6 hojas verdaderas y 15 cm de altura. Previo al establecimiento del cultivo, se realizaron las labores agrícolas de arado, surcado y siembra. Las plántulas se trasplantaron el 25 de febrero del 2020, en 14 surcos de 20 m con separación entre surcos de 60 cm, la distancia entre plantas fue de 40 cm con 50 plantas por surco. El suelo del sitio experimental tiene una textura arcillosa con punto de saturación de 68%, capacidad de campo del 36%, punto de marchites permanente de 21%, condición hidráulica de 0.13 cm h<sup>-1</sup> y densidad aparente de 1.09 g cm<sup>-3</sup>, pH de 8.33.

### **Caracterización morfológica**

Se identificó la presencia de *Fusarium sp.* mediante un aislamiento del suelo se suspendió en agua estéril, se realizaron diluciones de 10<sup>-1</sup> a 10<sup>-10</sup>, de cada dilución se generaron cultivos con 100 µL de la solución en cajas Petri de 90 mm de diámetro con medio de cultivo PDA. Se determinó la presencia de *Fusarium sp.* por la identificación de su morfología (Duarte et al. ,2016; Piontelli 2011).

## Tratamientos

Se evaluó un tratamiento de inóculo de microorganismos Grow Depot Micorrizas®, más un testigo. El inóculo contiene los siguientes ingredientes: esporas de *Azospirillum brasilense*  $5 \times 10^7$  kg, *Glomus intraradices* 5000 esporas por kg, *Glomus fasciculatum* 5000 esporas por kg, *Trichoderma harzianum*  $5 \times 10^7$  por kg, *Bacillus subtilis*  $5 \times 10^7$  por kg, *Pseudomonas Fluorescens*  $5 \times 10^7$  por kg y *Bacillus mucilaginosus*  $5 \times 10^7$  por kg. Se aplicó la concentración recomendada por el proveedor, realizando dos aplicaciones en la raíz con 25 g de inóculo, la primera durante la siembra y la segunda 30 días después del trasplante.

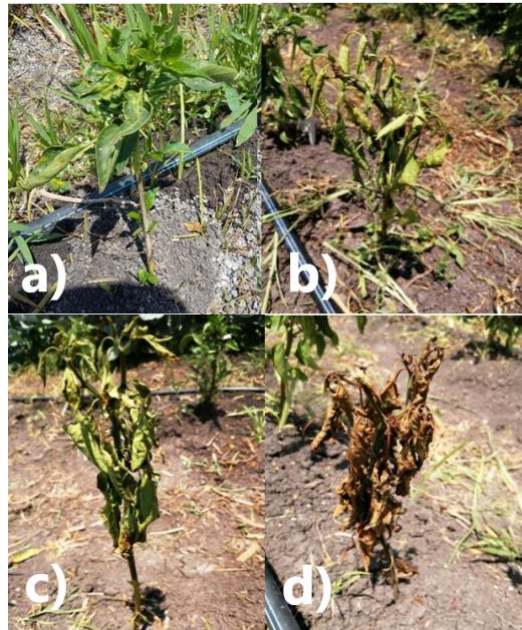
## Variables evaluadas y análisis estadístico

Las variables evaluadas fueron: altura de planta (AP), diámetro del tallo (DT), número de hojas (NH), se registraron desde el trasplante cada 22 días hasta el día 90, peso de fruto (PF) y peso de fruto por planta (PFP) a la cosecha. El diámetro del tallo se registró con vernier digital a cinco cm de distancia de la corona radical hacia el ápice de la planta, el número y peso de frutos al momento de la cosecha determinando su peso individual en báscula semianalítica. Los resultados se analizaron en un diseño completamente al azar mediante pruebas de *t* para dos muestras. Los análisis se realizaron mediante el software estadístico Minitab® versión 16.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las plantas del tratamiento que no fueron inoculadas presentaron signos de afectación por *Fusarium sp.* (Figura 1) como amarillamiento y secado de hojas bajas, tallos de coloración café oscuro, pudrición de raíces, muerte prematura de las plantas, rizado del follaje, daño a estructuras reproductivas, maduración adelantada e irregular y ocurrencia de rebrotes (Rivera-Jiménez et al., 2018). *Fusarium solani* es el agente causal de marchitez y necrosis en raíz y tallo de chile chilaca y de la marchitez en plantas maduras de chile poblano y damping-off en plántulas (Reyes-Tena et al. 2019)





**Figura 1.** Nivel de daño en planta de chile causado por *Fusarium sp.* a) Planta de chile con postulas en el limbo foliar, b) Planta de chile jalapeño con síntomas de marchitez y clorosis en campo, c) Amarillamiento y deshidratación de hojas, d) Planta de chile jalapeño muerta.

**Figure 1.** Level of damage in chili plant caused by *Fusarium sp.* a) Chili plant with postules in the leaf blade, b) Jalapeño chili plant with wilt and chlorosis symptoms in the field, c) Yellowing and dehydration of leaves, d) Dead jalapeño chili plant.

Las plantas inoculadas no presentaron síntomas causados por *Fusarium sp.* (Figura 2) esto puede deberse a que los microorganismos aplicados presentaron actividad antifúngica, por ejemplo Mejía-Bautista et al. (2016) reportaron que *B. subtilis* mostró 71 % de inhibición micelial frente a *F. equiseti*. También ha sido reportada la actividad de *Trichoderma sp.* Osorio-Hernández et al. (2015) indican que las glucanasas producidas por *Trichoderma* inhibieron el crecimiento micelial en un 45 % a *F. oxysporum*, otro trabajo indica que la evaluación de antagonismo dual de *T. viride* contra *F. oxysporum* presentaron crecimiento de 0.656 mm del antagonista y 0.221 mm por parte del patógeno, esto evidencia como *T. viride* es apto para la utilización en el control de *F. oxysporum* (Andrade-Hoyos et al. 2019). la producción de antibióticos por agentes de control biológico, podrían inhibir la tasa de crecimiento del fitopatógeno durante una intensa competencia por nutrientes (Uc-Arguelles et al. 2017).



**Figura 2.** a) Planta de chile inoculada Derecha; b) Raíz sana de chile jalapeño inoculada con microbiológicos benéficos.

**Figure 3.** a) Inoculated chile bell pepper plant; b) Healthy root of jalapeño bell pepper inoculated with beneficial microbiologicals.

En el cuadro 1 se muestra el crecimiento de las plantas de *Capsicum annuum* L. con los tratamientos aplicados. No se identificaron diferencias significativas en la AP ( $p>0.05$ ), esta fue de 32.1 cm en ambos tratamientos. Aguirre-Medina y Espinosa (2016), registró 50.4 cm de altura de planta al aplicar *A. brasilense* + *P. fluorescens*. En algunos cultivos la respuesta a la inoculación es más alta con un solo microorganismo y puede estar relacionada con el incremento de la demanda de carbono (Sylvia, 2005). No se presentaron diferencias significativas en el diámetro de tallo ( $p>0.05$ ), resultado que coincide con Reyes-Ramírez et al. (2014), quienes no indicaron diferencias entre tratamientos utilizando *Pseudomonas* spp. y *A. brasilense* en esta variable a los 60 días después del trasplante, lo anterior puede deberse a que la colonización requiere tiempo y sucede sólo cuando hay compatibilidad entre los microorganismos y factores intrínsecos de la planta (Trivedi et al., 2012). Todos los anteriores son factores que ayudan a explicar la falta de efecto de los inoculantes en los primeros 60 días después del trasplante.

Se mostraron diferencias altamente significativas en el del peso de los frutos, obteniendo un mayor rendimiento en las plantas inoculadas, Reyes-Ramírez et al. (2014), reportaron que las plantas inoculadas con *Pseudomonas spp.* mostraron rendimiento y peso del fruto mayores ( $8.1 \pm 0.1$  g) que con el tratamiento con *A. brasilens* en chile habanero y que la aplicación de *Pseudomonas spp.* en el cuello de las plantas de chile habanero al momento del trasplante promueve el crecimiento y permite incrementar la biomasa de los frutos pues son promotoras eficientes del crecimiento en varios genotipos de chile por su capacidad para colonizar eficientemente las raíces de este cultivo. Las bacterias promotoras del crecimiento vegetal o PGPB como *Azospirillum brasilense* tienen la capacidad de desplazar por competencia a otros organismos patógenos o generar una respuesta de inmunidad o resistencia que aumente las defensas de la planta hacia la invasión de patógenos (Pedraza et al., 2010), para la producción de chile es de gran importancia evaluar en conjunto los biofertilizantes a base de hongos–rizobacterias (Aguirre-Medina et al. 2016).

**Cuadro 1.** Medias para las características de planta y fruto de chile jalapeño entre tratamientos.

**Table 1.** Means for plant and fruit characteristics of jalapeño bell pepper among treatments.

Variable	t1	t0
	Inoculante	Testigo
AP	$32.1 \pm 1.5$ a	$32.1 \pm 1.5$ a
DT	$1.3 \pm 0.1$ a	$1.3 \pm 0.1$ a
NH**	$49.7 \pm 8.1$ a	$40.4 \pm 3.5$ b
PF**	$32.4 \pm 1.9$ a	$10.0 \pm 11.7$ b
PFP**	$247.9 \pm 83.2$ a	$8.7 \pm 9.8$ b
LF**	$8.8 \pm 0.2$ a	$3.3 \pm 3.7$ b

Altura de la planta (AP, cm), Diámetro de tallo (DT, cm), Número de hojas (NH), PF (Peso de fruto, kg), Peso de fruto por planta (PFP, kg), Longitud de fruto (LF, cm). Diferencias significativas  $p < 0.05$  (\*), diferencias altamente significativas  $p < 0.01$  (\*\*). Valores con la misma letra dentro de hileras de promedios son estadísticamente iguales.

## CONCLUSIÓN

Las plantas de chile jalapeño presentaron mejores características productivas cuando interactuaron con los microorganismos además se manifestó un efecto de protección en contra de fusarium sp. al no presentar síntomas de este patógeno.

## LITERATURA CITADA

- Aguirre-Medina, J. F., & Espinosa Moreno, J. A. (2016). Crecimiento y rendimiento de *Capsicum annum* L. inoculado con endomicorriza y rizobacterias. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 7(7), 1539-1550.
- Altomare, C., & Tringovska, I. (2011). Beneficial soil microorganisms, an ecological alternative for soil fertility management. *Genetics, biofuels and local farming systems*, 161-214.
- Andrade-Hoyos, P., Luna-Cruz, A., Osorio-Hernández, E., Molina-Gayosso, E., Landero-Valenzuela, N., y Barrales-Cureño, HJ (2019). Antagonismo de *Trichoderma* spp. vs hongos asociados a la marchitez de chile. *Revista mexicana de ciencias agrícolas* , 10 (6), 1259-1272.
- Bais, HP, Weir, TL, Perry, LG, Gilroy, S. y Vivanco, JM (2006). El papel de los exudados de las raíces en las interacciones de la rizosfera con plantas y otros organismos. *Annu. Rev. Plant Biol.* , 57 , 233-266.
- Dias, A. C., Costa, F. E., Andreote, F. D., Lacava, P. T., Teixeira, M. A., Assumpção, L. C., ... & Melo, I. S. (2009). Isolation of micropropagated strawberry endophytic bacteria and assessment of their potential for plant growth promotion. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 25(2), 189-195.
- Duarte Leal, Y., Echevarría Hernández, A., & Martínez Coca, B. (2016). Identificación y caracterización de aislamientos de *Fusarium* spp. presentes en garbanzo (*Cicer arietinum* L.) en Cuba. *Revista de Protección Vegetal*, 31(3), 173-183.
- Fundación Guanajuato Produce, A. C. (2021). Red de estaciones. (<http://www.fundacionguanajuato.mx/es/red-de-estaciones/>)
- González Mancilla, A., Almaraz Suárez, J. J., Ferrera Cerrato, R., Rodríguez Guzmán, M. D. P., Taboada Gaytán, O. R., Trinidad Santos, A., ... & Arteaga Garibay, R. I. (2017). Caracterización y selección de rizobacterias promotoras



- de crecimiento en plántulas de chile poblano (*Capsicum annuum* L.). Revista internacional de contaminación ambiental, 33(3), 463-474.
- Guigón L.C, González G.P.A. (2001). Estudio Regional de las Enfermedades del Chile (*Capsicum annuum* L.) y su Comportamiento Temporal en el Sur de Chihuahua, México. Revista Mexicana de Fitopatología 19: 49- 56.
- Higa, T., & Parr, J. F. (2013). Microorganismos Benéficos y efectivos para una agricultura y medio ambiente sostenibles. Maryland (USA): Centro internacional de Investigación de Agricultura Natural, Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, 13.
- INEGI. 2021. Climatología. <https://www.inegi.org.mx/temas/climatologia/>
- Martínez-Damián, M. T., Cruz-Álvarez, O., Moreno-Pérez, E. D. C., & Valle-Guadarrama, S. (2019). Intensidad de color y compuestos bioactivos en colectas de chile guajillo del norte de México. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 10(1), 35-49.
- Mejía-Bautista, M. Á., Reyes-Ramírez, A., Cristóbal-Alejo, J., Tun-Suárez, J. M., Borges-Gómez, L. D. C., & Pacheco-Aguilar, J. R. (2016). *Bacillus* spp. en el control de la marchitez causada por *Fusarium* spp. en *Capsicum chinense*. Revista mexicana de fitopatología, 34(3), 208-222.
- Osorio-Hernández E, Hernández-Morales J, Conde-Martínez, V., Cibrián-Tovar, J., Vaquera-Huerta, H., Michel-Aceves, A.C. (2015). Evaluación de glucanasas y quitinasas producidas por *Trichoderma* spp. sobre *Phytophthora parasitica* y *Fusarium oxysporum* *in vitro*. Fitosanidad 19: 103.
- Pedraza, R. O., Teixeira, K. R., Scavino, A. F., de Salamone, I. G., Baca, B. E., Azcón, R., ... & Bonilla, R. (2010). Microorganismos que mejoran el crecimiento de las plantas y la calidad de los suelos. Revisión. Ciencia y Tecnología Agropecuaria, 11(2), 155-164.
- Piontelli, E. (2011). Manual de microhongos filamentosos comunes I. Escuela de Medicina, Universidad de Valparaíso. Valparaíso, Chile, 462.
- Reyes-Ramírez, A., López-Arcos, M., Ruiz-Sánchez, E., Latournerie-Moreno, L., Pérez-Gutiérrez, A., Lozano-Contreras, M. G., & Zavala-León, M. J. (2014). Efectividad de inoculantes microbianos en el crecimiento y productividad de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.). Agrociencia, 48(3), 285-294.



- Reyes-Tena, A., Rodríguez-Alvarado, G., Santillán-Mendoza, R., Díaz-Celaya, M., Fernández-Pavía, S.P.. (2019). Marchitez causada por *Fusarium solani* en chile chilaca (*Capsicum annuum*) en Michoacán. *Revista Mexicana de Fitopatología* 37: 43-47.
- Rivera-Jiménez, MN, Zavaleta-Mancera, HA, Rebollar-Alviter, A., Aguilar-Rincón, VH, García-de-los-Santos, G., Vaquera-Huerta, H., & Silva-Rojas, HV (2018). La filogenética y la histología proporcionan información sobre las infecciones por amortiguación de las plántulas de pimiento 'Poblano' causadas por el marchitamiento por *Fusarium* en los invernaderos. *Progreso micológico* , 17 (11), 1237-1249.
- Robles-Hernández, L., Ojeda-Barrios, D. L., González-Franco, A. C., Hernández-Huerta, J., Salas-Salazar, N. A., & Hernández-Rodríguez, O. A. (2017). Susceptibilidad de aislados de *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* a *Streptomyces* y extractos bioactivos de *Ganoderma*. *Acta universitaria*, 27(6), 30-39.
- SIAP. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2018. Chile verde. Atlas Agroalimentario 2012-2018. P. 62-63.
- Sylvia, M. D. (2005.) Mycorrhizal symbioses. In: Sylvia, M.D., Fuhrmann, J. J.; Harte, G. P. and Zuberer, A. D. (Ed.). *Principles and applications of soil microbiology*. Second Edition, New Jersey, USA. Pearson Prentice Hall. 263-282 p
- Trivedi, P., Pandey, A. y Palni, LMS (2012). Inoculantes bacterianos para aplicaciones de campo en ecosistemas de montaña: iniciativas presentes y perspectivas de futuro. *Bacterias en agrobiología: probióticos vegetales* , 15-44.
- Uc-Arguelles, A. K., Pérez-Moreno, J., Ayala-Escobar, V., & Zavaleta-Mejía, E. (2017). Antagonism of *Saccharicola* sp. against phytopathogens of the root of jalapeno pepper (*Capsicum annuum*). *Revista mexicana de fitopatología*, 35(2), 263-283.

