

Respuesta del jitomate a dosis reducidas de fertilización mineral con bioestimulante microbiano en macrotúnel

Jacel Adame-García¹

Félix David Murillo-Cuevas^{1,§}

José Antonio Fernández-Viveros¹

Adriana Elena Rivera-Meza¹

Héctor Cabrera-Mireles²

1 Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván. Carretera Cardel-Chachalacas km 4.5, Úrsulo Galván, Veracruz, México. CP. 91667. Tel. 296 9625029. (jacel.ag@ugalvan.tecnm.mx; jose.fv@ugalvan.tecnm.mx; adriana.rm@ugalvan.tecnm.mx).

2 Campo Experimental Cotaxtla-INIFAP. Carretera Federal Veracruz-Córdoba km 34.5, Medellín de Bravo, Veracruz, México. CP. 94992. Tel. 229 1521077. (cabo.cabrera50@gmail.com).

Autor para correspondencia: felix.mc@ugalvan.tecnm.mx.

Resumen

El jitomate es uno de los cultivos más importantes en México, el cual requiere cantidades considerables de nitrógeno, fósforo y potasio para lograr rendimientos óptimos. Cada vez más, se abusa de las dosis de minerales, lo que resulta ineficiente y gran parte se libera al ambiente provocando contaminación a cuerpos de agua y suelo. El objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de bajas dosis de fertilización mineral combinadas con un bioestimulante microbiano sobre el peso y dimensiones de frutos de jitomate; así como, en la producción por planta. El trabajo se realizó en Úrsulo Galván, Veracruz, en el ciclo otoño-invierno-primavera (2023-2024) bajo condiciones protegidas de macrotúnel. Se utilizó un bioestimulante formulado con cinco cepas bacterianas (*Bacillus subtilis* FDMC1, *Stenotrophomonas* sp. JAG2, *Bacillus wiedmannii* JAG3, *Priestia megaterium* JAFV4 y *P. megaterium* AERM5) y una fertilización química mínima NPK (165-120-90) a diferentes porcentajes (100%, 75%, 50% y 25%) con y sin bioestimulante, excepto el 100% que fue un testigo sin bioestimulante. Se utilizó un diseño en bloques completos al azar, se establecieron 240 plantas con un marco de plantación de una planta cada 25 cm a tres bolillos. Las dosis reducidas de fertilización, sin aplicaciones del bioestimulantes, afectaron significativamente el rendimiento y calidad de los frutos de jitomate. Las aplicaciones del bioestimulante con dosis reducidas de fertilización química al 50% y 75% incrementaron significativamente la producción y dimensiones de los frutos de jitomate. Con las aplicaciones del bioestimulante se obtuvo un ahorro del 25% en la fertilización química, lo que logró una producción y calidad de frutos de jitomate igual a la alcanzada con un 100% de la fertilización.

Palabras clave:

bacterias, bajos insumos, hortalizas.



License (open-access): Este es un artículo publicado en acceso abierto bajo una licencia **Creative Commons**

Introducción

En México se tiene una superficie agrícola sembrada de 12 622 755.43 ha con una producción de 56 948 979.85 t, de las cuales las hortalizas contribuyen con aproximadamente el 20% de la producción, en lo que respecta a jitomate, se producen 3 220 048.24 t (SIAP, 2023). Cultivo de los más importantes para la economía y alimentación de nuestro país (Lara *et al.*, 2022). El cultivo de jitomate requiere cantidades sustanciales de nitrógeno, fósforo y potasio (NPK) para lograr rendimientos óptimos (Díaz-Vázquez *et al.*, 2023). El fertilizante NPK influye en los parámetros de producción, morfológicos, de compuestos fenólicos, de contenido de flavonoides, licopeno y β -caroteno de frutos de jitomate (Bentamra *et al.*, 2023).

Al ser tan importante la fertilización química para la producción de jitomate, los agricultores suelen aumentar las dosis y uso de los fertilizantes sintéticos (Burcea *et al.*, 2016). A pesar de que los fertilizantes sintéticos son uno de los factores más importantes que ayudan a potencializar la producción agrícola, el abuso de estos provoca graves problemas de contaminación de aguas subterráneas y degradación de los suelos (Galindo *et al.*, 2020). De tal forma que es crucial el uso de estrategias con enfoques ecológicos para reducir el uso de fertilizantes químicos y que al mismo tiempo se aumente la eficiencia de los nutrientes, rendimientos y calidad de los cultivos.

Una de estas estrategias es el uso de bioestimulantes vegetales, los cuales se utilizan como herramienta de manejo de cultivos de bajos insumos de hortalizas (Sánchez-Sánchez *et al.*, 2022; Chafai *et al.*, 2023). Los bioestimulantes mejoran el desarrollo de plantas y frutos a través de la solubilización de minerales, fijación de nitrógeno y producción de fitohormonas (Caulier *et al.*, 2019). Mejoran la tolerancia al estrés biótico y abiótico al activar los genes que activan los sistemas de defensa, al producir enzimas, aminoácidos y ácidos orgánicos (Kaushal *et al.*, 2023). Los bioestimulantes microbianos aportan beneficios a las plantas, pero una de sus características fundamentales que deben tener, es preservar la calidad y rendimiento de los cultivos en sistemas de bajos insumos. En este sentido, el propósito de este estudio fue analizar cómo influyen estos estimulantes en el crecimiento, calidad y productividad de las plantas.

Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo en el Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván, situado en las coordenadas 19° 24' 43.64" de latitud norte y 96° 21' 32.42" de longitud oeste, a una altitud de 13 m, en el municipio de Úrsulo Galván. La región posee un clima catalogado como Aw (tropical húmedo-seco) según el sistema de Köppen-Geiger, caracterizado por condiciones cálidas subhúmedas con lluvias en verano, temperaturas que fluctúan entre los 24° y 26 °C y una precipitación anual que varía entre 1 100 y 1 300 mm.

Se emplearon semillas de jitomate de Harris Moran® de la variedad Atrevido F1, un bioestimulante microbiano formulado a base de una combinación de cepas bacterianas (*Bacillus subtilis* FDMC1, *Stenotrophomonas* sp., JAG2, *Bacillus wiedmannii* JAG3, *Priestia megaterium* JAFV4 y *P. megaterium* AERM5) a una dosis de 20% (v/v) y concentración de 10^6 UFC ml^{-1} de cada cepa. Se inocularon las semillas con la micorriza *Rhizophagus intraradices* del INIFAP® antes de sembrarlas en charolas de polietileno que contenían sustrato peat moss.

Luego de 30 días, las plántulas se trasplantaron a un suelo con las siguientes características: pH 6.84, CE 81.3 μS , DAP 1.2 g ml^{-1} ; con una composición de 30.76% de arena, 30.56% de limo y 38.68% de arcilla, 2.11% de materia orgánica, 0.17 cmol kg^{-1} de potasio, 12.09 cmol kg^{-1} de calcio, 3.91 cmol kg^{-1} de magnesio, 0.12% de nitrógeno y 11.5 mg L^{-1} de fósforo. La producción se desarrolló en un macrotúnel de 3 m de ancho por 30 m de largo (90 m^2), con riego por goteo y acolchado blanco. Dentro del macrotúnel, se registraron en promedio 28.8 °C de temperatura y un 75% de humedad relativa.

Se utilizó una fertilización química mínima NPK (165-120-90) a diferentes porcentajes (100%, 75%, 50% y 25%) con y sin bioestimulante, excepto para el 100% que fue un testigo sin bioestimulante. Los tratamientos evaluados fueron siete combinaciones de fertilización: T1) química 100%

(FQ100); T2) química 75% + bioestimulante (FQ75+B); T3) química 50% + bioestimulante (FQ50+B); T4) química 25% + bioestimulante (FQ25+B); T5) química 75% (FQ75); T6) química 50% (FQ50); y T7) química 25% (FQ25). Los tratamientos se aplicaron en drench (50 ml planta⁻¹) cada 30 días. Cada mes se incorporó el bioestimulante al suelo, se aplicó en la zona cercana al cuello de la planta (drench).

En todos los tratamientos cada 20 días se les realizaron aplicaciones foliares de micronutrientes con productos comerciales (N 13%, P₂O₅ 9%, K₂O 12%, Ca 0.17%, Cu 0.05%, Co 0.01%, B 0.07%, S 0.04%, Fe 0.08%, Mn 0.5%, Mg 0.18%, Mo 0.03%, Zn 0.2%, diluyentes y acondicionadores 64.31%). Al inicio de la floración y posteriormente cada 20 días, se realizó una aplicación foliar de calcio y boro, donde se utilizó un producto comercial (Ca 9%, B 2%, Zn 4% y 85% de diluyentes y acondicionadores). Además, 15 días después del trasplante (ddt) se aplicaron ácidos húmicos y fúlvicos (ambos al 12%) al suelo, repitiendo esta dosis cada 30 días, hasta término de ciclo productivo.

Se utilizó un diseño en bloques completos al azar, se consideró cada bloque como una cama del macrotúnel de 30 m de longitud por 1 m de ancho. En el que se establecieron 240 plantas con un marco de plantación de una planta cada 25 cm a tres bolillos. Dos repeticiones por tratamiento (bloques) y 40 unidades experimentales por tratamiento para frutos y 12 para producción por planta. Cada tratamiento incluyó 13 plantas, se utilizaron frutos de tres cortes (123, 148 y 168 ddt). De las seis plantas centrales se tomaron 20 frutos al azar para registrar el peso y dimensiones de los frutos, además se tomaron el total de frutos para pesarlos y determinar la producción por planta por tratamiento.

Las variables de respuesta fueron peso (g), diámetro ecuatorial y polar (cm) de los frutos, así como la producción del macrotúnel en peso (g) del total de frutos por planta por tratamiento. Se evaluó la normalidad de los datos con las pruebas de bondad de ajuste de Shapiro-Wilk y Kolmogorov-Smirnov. Los datos fueron transformados a $\sqrt{+0.5}$ para estabilizar la varianza y utilizar un análisis de varianza (Anova). En los casos en que se identificaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$), se empleó una prueba de comparación de medias de Tukey, se presentan las medias originales de los datos. Se empleó el software InfoStat versión 2020 para el análisis de los datos.

Resultados y discusión

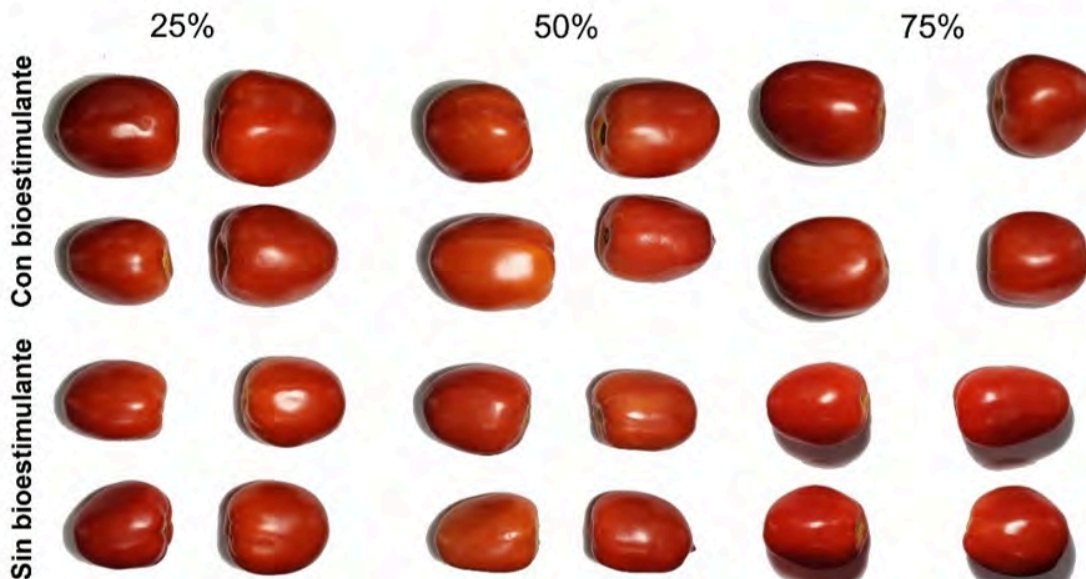
El promedio total de los tres cortes de frutos mantuvo diferencias significativas ($p < 0.05$) entre las dimensiones y peso de los frutos obtenidos de las plantas con y sin aplicaciones del bioestimulante microbiano a dosis del 50 y 75% de fertilización (Cuadro 1). Además, las dosis reducidas de fertilización química afectaron significativamente el peso y tamaño promedio de los frutos en ausencia de las aplicaciones del bioestimulante (Cuadro 1 y Figura 1).

Cuadro 1. Efectos promedio de la aplicación de un bioestimulante microbiano con dosis reducidas de fertilización química en el tamaño y peso de frutos de jitomate de tres cortes de frutos.

Tratamientos	Peso de fruto (g)	Diámetro de fruto	
		Polar (cm)	Ecuatorial (cm)
FQ 100	132.04 \pm 2.27a	5.99 \pm 0.05a	3.61 \pm 0.03ab
FQ75+B	136.33 \pm 2.27a	6.04 \pm 0.05a	3.70 \pm 0.03a
FQ50+B	131.21 \pm 2.3a	5.91 \pm 0.06a	3.59 \pm 0.03b
FQ25+B	100.66 \pm 2.27b	5.32 \pm 0.06b	3.28 \pm 0.03c
FQ75	100.86 \pm 2.27b	5.35 \pm 0.05b	3.19 \pm 0.04c
FQ50	93.05 \pm 2.27b	5.21 \pm 0.05b	3.2 \pm 0.03c
FQ25	84.02 \pm 2.27c	4.93 \pm 0.05c	3 \pm 0.03d
CV (%)	11.66	4.61	4.59

FQ100= química 100%; FQ75+B= química 75% + bioestimulante; FQ50+B= química 50% + bioestimulante; FQ25+B= química 25% + bioestimulante; FQ75= química 75%; FQ50= química 50%; FQ25= química 25%. CV= coeficiente de variación. Los datos se presentan en $\bar{x} \pm EE$. Letras diferentes dentro de cada columna indican diferencias significativas según la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

Figura 1. Muestra de frutos producidos de plantas con diferentes dosis de fertilización química con y sin bioestimulante microbiano.



El bioestimulante incrementó significativamente ($p < 0.05$) el peso promedio de los frutos en 38.2 g (29.1%) con el 50% de la fertilización y 35.5 g (26%) con el 75%. También se incrementó el diámetro polar de la fruta en 0.7 cm (11.8%) con el 50% y 0.69 cm (11.4%) con el 75% de la fertilización. Asimismo, se incrementó el diámetro ecuatorial en 0.39 cm (10.9%) con el 50% y 0.51 cm (13.8%) con el 75% de la fertilización química. Los efectos del bioestimulante microbiano sobre las características externas o calidad en calibre de fruta de jitomate (peso y tamaño) demuestran que los bioinoculantes tienen la capacidad de promover el aumento del peso del fruto en la variedad estudiada.

Los resultados del presente trabajo pretenden superar resultados anteriores con otras cepas de bacterias promotoras del crecimiento vegetal del género *Bacillus* en la misma variedad de jitomate, donde el aumento promedio del peso de los frutos fue de 16.4%, del diámetro polar el 8.6% y del ecuatorial 7.7%, con una fertilización mínima tradicional del 100%, estos incrementos fueron significativamente diferentes al testigo sin bioestimulante (Adame-García *et al.*, 2023). También se superó el incremento del diámetro ecuatorial reportados por Espinoza *et al.* (2017), quienes utilizaron inoculaciones de especies de *Bacillus* en jitomate variedad Afrodita, el cual fue de 4.5% en comparación al testigo sin bioestimulante; sin embargo, en diámetro polar ellos reportan un mayor incremento (13.1%).

Por otro lado, los incrementos obtenidos por Mena-Violante *et al.* (2009) en jitomate variedad Rio Fuego con la cepa *Bacillus subtilis* BEB-13bs fueron inferiores en peso (16.2%) y diámetro ecuatorial (4.2%) a lo obtenido en este trabajo. Sin embargo, existen trabajos con incrementos superiores al emplear otras bacterias y variedades de jitomate, como lo reportado por Palacio-Rodríguez *et al.* (2022) para la variedad Top1182, donde bacterias *Bacillus paralicheniformis* cepa LBEndo1 incrementaron, en comparación con el tratamiento no inoculado, el diámetro ecuatorial 16.5% para suelos planos y 15.2% para camas elevadas. Además, reportan que con bacterias *Pseudomonas lini* cepa KBecto4 se incrementó el diámetro ecuatorial en un 16.5% y un 11.1% para suelos planos y camas elevadas, respectivamente. No obstante, estos trabajos no evaluaron el efecto de los inoculantes en diferentes dosis de fertilización.

La producción por planta de jitomate, en peso de frutos, también se afectó por las dosis reducidas de fertilización química en los tres cortes productivos; sin embargo, cuando se complementaron con las aplicaciones del bioestimulante, las dosis de 50 y 70% de fertilización incrementaron la producción, resultando estadísticamente igual a la producción obtenida con el 100% de la fertilización (Cuadro 2).

Cuadro 2. Efectos de la aplicación de un bioestimulante microbiano y dosis reducidas de fertilización química en el peso de frutos por planta de jitomate en tres cortes y total.

Tratamientos	Peso de fruto (g) por planta en tres cortes de frutos			Total (g)
	1	2	3	
FQ100	562.4 ±36a	934.9 ±62.6ab	846.1 ±55.2ab	781.1 ±34.7ab
FQ75+B	675.2 ±36a	947.2 ±62.6a	862.2 ±55.2a	828.2 ±34.7a
FQ50+B	532.9 ±36.1ab	680.7 ±62.6bc	790.7 ±55.2ab	668.1 ±34.7bc
FQ25+B	389.3 ±36bc	605.3 ±62.5c	625.2 ±55.3bc	539.9 ±33.1cd
FQ75	394.3 ±36bc	642.3 ±62.6c	484.6 ±55.2c	507.1 ±34.7d
FQ50	353.7 ±36.2c	572.8 ±62.6c	455.5 ±55.1c	460.7 ±34.7d
FQ25	367.2 ±36c	484.9 ±51.1c	424.4 ±55.2c	434 ±32.1d
CV (%)	13.78	16.43	15.24	17.51

FQ100= química 100%; FQ75+B= química 75% + bioestimulante; FQ50+B= química 50% + bioestimulante; FQ25+B= química 25% + bioestimulante; FQ75= química 75%; FQ50= química 50%; FQ25= química 25%; CV= coeficiente de variación; los datos se presentan en $\bar{x} \pm EE$. Letras diferentes dentro de cada columna indican diferencias significativas según la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

En la producción total por planta de jitomate, al analizar los tres cortes juntos, se obtuvo un incremento de 207.4 g (31%) y 321.1 g (38.8%) cuando se utilizó el bioestimulante con dosis del 50 y 75% de fertilización química, respectivamente. Los incrementos obtenidos fueron mayores a los reportados por Katsenios *et al.* (2021) en la variedad Rio Grande, donde el aumento del peso promedio de los frutos por planta fue de 30.7% con inoculación con *Bacillus subtilis*, 28.81% con *Bacillus amyloliquefaciens*, 27.52% con *Priestia megaterium* y 26.78% con *Bacillus licheniformis*, con respecto al control. Sin embargo, también se reportan incrementos mayores al 38.8% con respecto al control, utilizando las cepas LBEcto1 (*Bacillus paralicheniformis*) y KBEcto4 (*Pseudomonas lini*) pero en la variedad Top1182 y sin reducir dosis de fertilización (Palacio-Rodríguez *et al.*, 2022).

En lo que respecta a la evaluación con dosis de fertilización hay algunos trabajos que han reportado incrementos mayores a los obtenidos en este trabajo; por ejemplo, Espinosa-Palomeque *et al.* (2019) reporta incrementos de 42.6 y 45.6% en la producción por planta de la variedad Moctezuma cuando se realizaron inoculaciones de *Bacillus paralicheniformis* a una fertilización nutritiva del 75% en comparación a la obtenida con el 75 y 100% de la fertilización sin inoculantes respectivamente. Las dosis de fertilización NPK influyen en los parámetros bioquímicos, morfológicos y de producción del jitomate (Bentamra *et al.*, 2023). Los resultados de este trabajo indican que, si no hay un complemento eficiente en la nutrición mineral, las dosis bajas de fertilización química afectan el desarrollo de la fruta y la producción de jitomate.

De tal manera que, si se extrapolan los resultados de producción por planta, con un ahorro del 25% en la fertilización, se reduce la producción en un 35% (60.85 t ha^{-1}) en comparación a la producción con el 100% de la fertilización (93.73 t ha^{-1}); sin embargo, con las aplicaciones del bioestimulante, se elimina esta reducción y además se incrementa la producción en un 6% (99.38 t ha^{-1}). Cuando se tiene un ahorro del 50% del fertilizante, la producción se reduce en un 41% (55.28 t ha^{-1}); no obstante, con las aplicaciones del bioestimulante esta reducción se hace más pequeña 14% (80.17 t ha^{-1}), utilizando únicamente el 50% de la fertilización.

De acuerdo con lo anterior, es importante determinar la dosis más adecuada de fertilizante NPK en combinación con bioestimulantes para condiciones económicamente rentables y ambientes más sostenibles. Por ejemplo, con la utilización de un bioestimulante formulado con *Azospirillum* sp.,

Azotobacter sp. y *Rhizobium* sp., sólo o combinado con un inóculo comercial Micomix (*Rhizoglossum irregulare*, *Funnelliformis mosseae*, *Funnelliformis caledonium*, *Bacillus licheniformis* y *Bacillus mucilaginosus*, siempre bajo condiciones de fertilización reducida (30%), tuvieron una producción de jitomate variedad Rio grande estadísticamente igual a la obtenida con una fertilización del 100% (Novello *et al.*, 2024).

Los resultados de este trabajo corroboran la eficiencia del bioestimulante microbiano en el desarrollo de los frutos de jitomate con bajas dosis de fertilización química en condiciones protegidas de producción, lo que indica que las cepas bacterianas que formulan el bioestimulante, son microorganismos capaces de inducir alguna respuesta genéticas, bioquímicas y/o fisiológica que estimula el crecimiento y desarrollo de los frutos.

Las cepas bacterianas que formulan el bioestimulante evaluado en este trabajo se identificaron a nivel molecular como *B. subtilis* FDMC1, *Stenotrophomonas* sp., JAG2, *B. wiedmannii* JAG3, *P. megaterium* JAFV4 y *P. megaterium* AERM5, las cuales no se han evaluado por separado. Sin embargo, *B. subtilis* se clasifica dentro de las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (RPCV), la cual mejora la disponibilidad de nutrientes, altera la homeostasis de las fitohormonas y activa la resistencia sistémica inducida en las plantas (Blake *et al.*, 2021). Las bacterias del género *Stenotrophomonas* utilizan diversos mecanismos para promover el crecimiento y desarrollo de las plantas, tales como la fijación de nitrógeno, la solubilización de fósforo y la síntesis de fitohormonas (Kumar *et al.*, 2023). La rizobacteria *B. wiedmannii* es muy eficiente, la cual es capaz de solubilizar fósforo inorgánico, fijar nitrógeno atmosférico y producir fitohormonas (Torres *et al.*, 2024). Por último, *P. megaterium* estimula el crecimiento de las plantas y la tolerancia al estrés abiótico por salinidad (Shi *et al.*, 2023). De tal forma que, la eficiencia del bioestimulante en compensar el bajo nivel de fertilización en el cultivo de jitomate, y que puede ser debido a la compatibilidad de la planta hospedera con las cepas microbianas, ya que la compatibilidad fisiológica y bioquímica de la interacción microorganismo-planta es en gran medida el éxito de los bioestimulantes microbianos (Cano, 2011).

Conclusiones

Las dosis reducidas de fertilización química, sin aplicaciones del bioestimulante, afectan significativamente el rendimiento y calidad de los frutos de jitomate producido en condiciones protegidas de macrotúnel. Con las aplicaciones del bioestimulante microbiano se obtiene un ahorro del 25% en la fertilización química, se logró una producción y calidad de frutos de jitomate igual a la alcanzada con un 100% de la fertilización. Las aplicaciones del bioestimulante con dosis reducidas de fertilización al 50 y 75% incrementaron significativamente la producción y dimensiones de los frutos en comparación a lo obtenido sin aplicaciones.

Agradecimiento

Al TecNM por el financiamiento del proyecto: 'alternativa económica para la producción de alimentos con bajo impacto ambiental en sistemas tropicales de agricultura protegida' (URSU-PYR-2025-21553).

Bibliografía

- 1 Adame-García, J.; Murillo-Cuevas, F. D.; Cabrera-Mireles, H.; Villegas-Narváez, J.; Rivera-Meza, A. E. y Vásquez-Hernández, A. 2023. Efecto de bioestimulantes microbianos en frutos de chile morrón y jitomate producidos en macrotúnel. *Biotecnia*. 25(1):81-87. <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v25i1.1772>.
- 2 Bentamra, Z.; Medjedded, H.; Nemmiche, S.; Benkhelifa, M. and Santos, D. R. 2023. Effect of NPK fertilizer on the biochemical response of tomatoes (*Solanum lycopersicum* L.). *Notulae Scientia Biologicae*. 15(3):11516-11516. <https://doi.org/10.55779/nsb15311516>.

- 3 Blake, C.; Christensen, M. N. and Kovács, Á. T. 2021. Molecular aspects of plant growth promotion and protection by *Bacillus subtilis*. *Molecular Plant-Microbe Interactions*. 34(1):15-25. <https://doi.org/10.1094/MPMI-08-20-0225-CR>.
- 4 Burcea, M.; Cretu, D.; Musat, M. and Gidea, M. 2016. Study regarding the influence of NPK fertilizers on the total nitrogen content from tomato (*Lycopersicum esculentum*). *Romanian Biotechnological Letters*. 21(1):11144.
- 5 Cano, M. A. 2011. Interacción de microorganismos benéficos en plantas: micorrizas, *Trichoderma* spp. y *Pseudomonas* spp. Una revisión. *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*. 14(2):15-31.
- 6 Caulier, S.; Nannan, C.; Gillis, A.; Licciardi, F.; Bragard, C. and Mahillon, J. 2019. Overview of the antimicrobial compounds produced by members of the *Bacillus subtilis* group. *Frontiers in Microbiology*. 302(10):1-19. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.00302>.
- 7 Chafai, W.; Haddioui, K.; Serghini-Caid, H.; Labazi, H.; AlZain, M. N.; Noman, O.; Parvez, M. K.; Addi, M. and Khalid, A. 2023. Impact of arbuscular mycorrhizal fungal strains isolated from soil on the growth, yield, and fruit quality of tomato plants under different fertilization regimens. *Horticulturae*. 9(9):1-18. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9090973>.
- 8 Díaz-Vázquez, F. A.; Benavides-Mendoza, A.; Robledo-Torres, V.; Juárez-Maldonado, A.; García-León, Á. y Sandoval-Rangel, A. 2023. Influencia de cuatro concentraciones de solución Steiner sobre los nutrientes en la solución del suelo y productividad en tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Terra Latinoamericana*. 41:1-12. <https://doi.org/10.28940/terra.v41i0.1646>.
- 9 Espinosa-Palomeque, B.; Cano-Ríos, P.; Salas-Pérez, L.; García-Hernández, J. L.; Preciado-Rangel, P.; Sáenz-Mata, J. and Reyes-Carrillo, J. L. 2019. Bioinoculantes y concentración de la solución nutritiva sobre la producción y calidad de tomate. *Biotecnia*. 21(3):100-107. <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v21i3.1038>.
- 10 Espinosa, P. B.; Moreno, R. A.; Cano, R. P.; Álvarez, R. V. D. P.; Sáenz, M. J.; Sánchez, G. H. y González, R. G. 2017. Inoculación de rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal en tomate (*Solanum lycopersicum* L.) cv. afrodita en invernadero. *Terra Latinoamericana*. 35(2):169-178. <https://doi.org/10.29312/remexca.v13i28.3278>.
- 11 Galindo, L. A. G.; Rivas, A. C.; Meléndez, J. P. and Mayorquín, N. 2020. Alternativas microbiológicas para la remediación de suelos y aguas contaminados con fertilizantes nitrogenados. *Scientia et Technica*. 25(1):172-183.
- 12 INAP. 2013. Instituto Nacional de Administración Pública. Diagnósticos Municipales PACMA, entidad: Veracruz de Ignacio de la Llave, Municipio: Úrsulo Galván. Instituto Nacional de Administración Pública. México 49 p.
- 13 Katsenios, N.; Andreou, V.; Sparangis, P.; Djordjevic, N.; Giannoglou, M.; Chanioti, S.; Stergiou, P.; Xanthou M. Z.; Kakabouki I.; Vlachakis, D.; Djordjevic S.; George, K. and Efthimiadou, A. 2021. Evaluation of plant growth promoting bacteria strains on growth, yield and quality of industrial tomato. *Microorganisms*. 9(10):1-17. <https://doi.org/10.3390/microorganisms9102099>.
- 14 Kaushal, P.; Ali, N.; Saini, S.; Pati, P. K. and Pati, A. M. 2023. Physiological and molecular insight of microbial biostimulants for sustainable agriculture. *Frontiers in Plant Science*. 14:1-17. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1041413>.
- 15 Kumar, A.; Rithesh, L.; Kumar, V.; Raghuvanshi, N.; Chaudhary, K.; Abhineet and Pandey, A. K. 2023. *Stenotrophomonas* in diversified cropping systems: friend or foe? *Frontiers in Microbiology*. 14:1-16. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1214680>.
- 16 Lara, T. I. B.; González, F. G.; Canales, J. M. V. and León-Andrade, M. 2022. Efectos del comercio internacional en la especialización y competitividad de jitomate (*Solanum*

- lycopersicum* Mill.) en México (1980-2016). Paradigma económico. Revista de Economía Regional y Sectorial. 14(1):181-206.
- 17 Lephatsi, M. M.; Meyer, V.; Piater, L. A.; Dubery, I. A. and Tugizimana, F. 2021. Plant responses to abiotic stresses and rhizobacterial biostimulants: Metabolomics and epigenetics perspectives. *Metabolites*. 11(7):1-31. <https://doi.org/10.3390/metabo11070457>.
 - 18 Mena-Violante, H. G.; Cruz-Hernández, A.; Paredes-López, O.; Gómez-Lim, M. Á. and Olalde-Portugal, V. 2009. Fruit texture related changes and enhanced shelf-life through tomato root inoculation with *Bacillus subtilis* BEB-13BS. *Agrociencia*. 43(6):559-567.
 - 19 Nedorost, L. y Pokluda, R. 2012. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi on tomato yield and nutrient uptake under different fertilization levels. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*. 60(8):181-186.
 - 20 Novello, G.; Bona, E.; Nasuelli, M.; Massa, N.; Sudiro, C.; Campana, D. C.; Gorrasi, S.; Hochart, M. L.; Altissimo, A.; Vuolo, F. and Gamalero, E. 2024. The impact of nitrogen-fixing bacteria-based biostimulant alone or in combination with commercial inoculum on tomato native rhizosphere microbiota and production: an open-field trial. *Biology*. 13(6):1-19. <https://doi.org/10.3390/biology13060400>.
 - 21 Palacio-Rodríguez, R.; Nava-Reyes, B.; Sánchez-Galván, H.; Quezada-Rivera, J. J. and Sáenz-Mata, J. 2022. Efecto de la inoculación de rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal de tomate en condiciones de casa sombra comercial. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 13(28):231-242. <https://doi.org/10.29312/remexca.v13i28.3278>.
 - 22 Sánchez-Sánchez, A.; Hernández, V.; Hellín, P.; Jiménez-Pérez, M.; Rodríguez-Burruezo, A.; Fenoll, J. and Flores, P. 2022. Impact of low input management and microbial biostimulants on yields of traditional pepper varieties. *AgroLife Scientific Journal*. 11(1):196-203. <https://doi.org/10.17930/agl2022123>.
 - 23 Shi, L.; Zhu, X.; Qian, T.; Du, J.; Du, Y. and Ye, J. 2023. Mechanism of salt tolerance and plant growth promotion in *Priestia megaterium* ZS-3 revealed by cellular metabolism and whole-genome studies. *International Journal of Molecular Sciences*. 24(21):1-18. <https://doi.org/10.3390/ijms242115751>.
 - 24 SIAP. 2023. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Avance de siembras y cosechas. Producción mensual agrícola. Resumen nacional por cultivo. <https://nube.siap.gob.mx/avance-agricola/>.
 - 25 Torres, P.; Altier, N.; Beyhaut, E.; Fresia, P.; Garaycochea, S. and Abreo, E. 2024. Phenotypic, genomic and in planta characterization of *Bacillus sensu lato* for their phosphorus biofertilization and plant growth promotion features in soybean. *Microbiological Research*. 280:1-11. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2023.127566>.



Respuesta del jitomate a dosis reducidas de fertilización mineral con bioestimulante microbiano en macrotúnel

Journal Information
Journal ID (publisher-id): remexca
Title: Revista mexicana de ciencias agrícolas
Abbreviated Title: Rev. Mex. Cienc. Agríc
ISSN (print): 2007-0934
Publisher: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Article/Issue Information
Date received: 1 September 2025
Date accepted: 1 December 2025
Publication date: 8 December 2025
Publication date: Nov-Dec 2025
Volume: 16
Issue: 8
Electronic Location Identifier: e3925
DOI: 10.29312/remexca.v16i8.3925

Categories

Subject: Artículo

Palabras clave:

Palabras clave:

bacterias
bajos insumos
hortalizas

Counts

Figures: 1
Tables: 2
Equations: 0
References: 25