

BIOFERTILIZANTES EN EL CULTIVO DE TOMATE (*Solanum lycopersicum* L.)

Oscar Díaz Martínez, J. Natividad Gurrola Reyes, Gerardo Pérez Santiago y Joel Díaz Martínez

Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Durango del Instituto Politécnico Nacional. Sigma 119, Fraccionamiento 20 de Noviembre II, Durango, Dgo., 34200. Tel/Fax: 618 8142091 Correo electrónico: racso_2803@hotmail.com

RESUMEN

La demanda de una cada vez mayor cantidad de alimentos hace necesaria la utilización de grandes cantidades de agroquímicos aplicados al suelo para obtener mayores producciones de los mismos. Actualmente se han buscado tecnologías sostenibles como el uso de los biofertilizantes. Este trabajo se realizó con el propósito de conocer el estado actual en materia de biofertilizantes utilizados en el cultivo de tomate. Entre los inoculantes empleados como biofertilizantes se encuentran los hongos micorrízicos, los cuales a través de las hifas favorecen el desarrollo de las plantas lo que mejora la absorción de minerales; y las bacterias promotores del crecimiento, que solubilizan nitrógeno atmosférico, favorecen la producción de hormonas, e incrementan la toma de agua y minerales. Buenos resultados se han publicado resaltando el beneficio de la inoculación de diversos hongos micorrízicos y bacterias promotoras de crecimiento en tomate. Los géneros más estudiados son *Azospirillum* y *Glomus*. La utilización de cepas autóctonas garantiza aun más la eficiencia de los inoculantes.

PALABRAS CLAVE: Biofertilizantes, hongos micorrízicos, bacterias promotoras de crecimiento, tomate.

ABSTRACT

The increasing demand for greater quantities of food makes it necessary to use large amounts of agrochemicals applied in the soil to obtain more production, thereof the currently research of sustainable technologies find the use of bio-fertilizers. This research, performed in order to know the status in the field of bio-fertilizers used in growing tomatoes. Between the inoculants used as bio fertilizers are mycorrhizal fungi, which through the hyphae favor the development of plants, which improves the absorption of minerals; and growth promoting bacteria, which improve the solubility of atmospheric nitrogen, advantaging the production of hormones, and the increase the uptake of water and minerals. Good results had being published highlighting the benefits of inoculation of different mycorrhizal fungi and bacteria growth promoters on tomato. The genera most studied are *Azospirillum* and *Glomus*. The uses of native strains guarantee more efficiency of the inoculants.

KEY WORD: Biofertilizer, mycorrhizal fungi, indigenous strains, growth promoting bacteria, tomato.

INTRODUCCIÓN

La seguridad alimentaria a nivel global demanda una mayor producción de alimentos para abastecer la creciente demanda provocada por el incremento de la población (Salgado-García y Núñez-Escobar, 2010). De acuerdo a lo que establece la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) “la seguridad alimentaria se consigue cuando las personas tienen, en todo momento, acceso físico y económico a alimentos seguros y nutritivos, en cantidad suficiente para satisfacer sus necesidades alimenticias” (FAO, 2009).

En México cada habitante cuenta con 0.28 hectáreas para producir alimentos, conforme aumente la población dicha superficie disminuirá. Actualmente para incrementar los rendimientos en los distintos sistemas de producción agrícola es necesaria la utilización de fertilizantes para, de esta manera aumentar el rendimiento y el beneficio económico; sin embargo el costo de los fertilizantes, dentro del costo de producción de los agricultores, oscila entre 10 y 25% (Salgado-García y Núñez-Escobar, 2010). Por otro lado, es evidente la degradación de los recursos naturales debido a las actividades agrícolas (Santillana, 2006), por lo que un elemento tecnológico que coadyuva a la sostenibilidad en el sistema agrícola es la biofertilización, que de manera conjunta promueve la sanidad de los cultivos y reduce la utilización de agroquímicos sintéticos (Díaz-Franco *et al.*, 2012).

Armenta *et al.* (2010) definen a los biofertilizantes como microorganismos aplicados al suelo y/o planta con el fin de sustituir la fertilización sintética, y por consiguiente una disminución en la contaminación por agroquímicos. Pajarito-Ravelero (2012) los define como productos que contienen microorganismos que se aplican a la semilla o suelo y se asocian con la raíz de la planta favoreciendo el desarrollo de la misma.

El presente trabajo tuvo por objetivo presentar un panorama general sobre el estado actual del conocimiento respecto a los biofertilizantes utilizados en la producción de tomate, para que la información sistematizada pueda servir de base para investigaciones posteriores.

BIOFERTILIZANTES

En la Agenda 21, como resultado de la Cumbre de la Tierra, en Rio de Janeiro, en 1992 se recomendó la utilización de biofertilizantes como alternativa para el desarrollo sustentable (Aguirre *et al.*, 2009). Se ha establecido que la actividad de los microorganismos es de vital importancia en la fertilidad del suelo además en la sostenibilidad del agroecosistema (Ferrera-Cerrato y Alarcón, 2001).

Actualmente los microorganismos empleados como biofertilizantes son hongos micorrízicos de los géneros: *Acaulospora*, *Entrophospora*, *Gigaspora*, *Scutellospora*, *Sclerocystis* y *glomus*, pertenecientes a la familia Endogonaceae de la clase Zygomycetos, y especies de bacterias de géneros como *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Azotobacter*, *Frankia*, *Beijerinckia* y *Azospirillum* (Pajarito-Ravelero e Ibarra-Flores, 2012).

HONGOS MICORRÍZICOS

Existen 125 especies de hongos capaces de formar micorrizas con la gran mayoría de plantas superiores (Pajarito-Ravelero, 2012). La palabra micorriza viene de la palabra mykos y significa hongo de la planta y se define como una relación simbiótica entre las raíces de las plantas y un hongo del suelo.

Las micorrizas se clasifican como ectomicorrizas, las cuales se forman alrededor de la raíz, y endomicorrizas, que se forman en el interior de la raíz. Cuando éstas se forman se altera la fisiología y exudación de la raíz, cambiando la población microbiana de la rizósfera. Adicionalmente, el micelio extraradical, se extiende más de 9 cm, aumentando de esta manera la actividad microbiana debido a que es sustrato para otros microorganismos (Pajarito-Ravelero, 2012).

Los hongos micorrízicos favorecen la absorción de minerales, principalmente los menos móviles y solubles, por medio de las hifas, que consiguen aportar hasta un 80% del P, 25% del N, 10% del K, 25% del Zn, y 60% del Cu del total de dichos nutrientes requeridos por las plantas. Existen diversos estudios que han demostrado que las plantas colonizadas con hongos micorrízicos absorben el P con mayor eficiencia (Aleman-Martínez, 2006). La simbiosis que se establece entre plantas y hongos producen alteraciones metabólicas y citológicas en las células de la planta, que sintetiza, entre otros compuestos, lignina, fitoalexinas, suberina, flavonoides, y compuestos fenólicos, evitando

la infección de patógenos (Rodríguez *et al.*, 2004), entre ellos algunos hongos como *Phytophthora*, *Phytium*, y *Fusarium* (Pajarito-Ravelero, 2012).

Los hongos micorrízicos contribuyen también a mantener unidas las partículas del suelo, previniendo la erosión. Algunas especies ayudan a las plantas a prevenir enfermedades, al ser antagónicos de algunos microorganismos patógenos (Ferrera-Cerrato y Alarcón, 2007); de esta manera se disminuye el uso de agroquímicos.

Las plantas inoculadas con hongos micorrízicos presentan mejores características morfológicas y agronómicas, como mayor sanidad, vigor y calidad (Ferrera-Cerrato y Alarcón, 2001; Pajarito-Ravelero (2012), mayor crecimiento y enraizamiento de las plántulas, reducción de requerimientos de adición de fósforo, mayor tolerancia a estrés por factores abióticos e incremento en la producción de frutos.

Los hongos micorrízicos no son capaces de completar su ciclo de vida sin la presencia de una planta hospedera (Alemán-Martínez, 2006), por lo que son simbioses obligados, esta característica ha dificultado la elaboración de los preparados de fertilizantes, lo que dificulta la realización de los trabajos de investigación (Armenta *et al.*, 2010).

BACTERIAS PROMOTORAS DE CRECIMIENTO

Las funciones de las bacterias promotoras del crecimiento (BPC) en las plantas son muy diversas, incluyen solubilizar fosfatos (Ferrera-Cerrato y Alarcón, 2007), lo que favorece la secreción de ácidos orgánicos y enzimas que liberan el fosfato atrapado en los aniones Al^{2+} , $\text{Fe}^{2+,3+}$ y Ca^{2+} quedando el fósforo libre para las plantas. Participan en la fijación del nitrógeno, lo que incrementa la toma de agua y mejoran el desarrollo radicular de las plantas; la estimulación que provocan en la actividad enzimática de las plantas favorece a otros microorganismos benéficos (Ferrera-Cerrato y Alarcón, 2007).

Del total del nitrógeno que se incorpora a las plantas, más del 60% es por medios biológicos de asociaciones de bacterias con las plantas (Alemán-Martínez, 2006). Por lo que una herramienta importante en la captación de nitrógeno atmosférico por parte de las plantas ha sido la utilización de inoculantes elaborados con los géneros *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Sinorhizobium*, *Azorhizobium* (Alarcón y Ferrera-Cerrato, 2000).

ESTUDIOS DE CASO (TOMATE)

Santillana *et al.* (2005) evaluaron 19 cepas del genero *Rhizobium* aisladas de raíces de diferentes leguminosas y de distintas regiones, en el crecimiento y germinación en tomate. De 19 cepas evaluadas, siete estimularon el crecimiento de las plantas de tomate, nueve promovieron la germinación de las semillas, y únicamente dos de esas cepas presentaron efecto positivo en la germinación y crecimiento de plantas de tomate.

Terry *et al.* (2005) evaluaron bacterias benéficas en cultivo de tomate, encontrando que el género más abundante en la rizósfera era *Azospirillum* y que su inoculación artificial tiene un efecto positivo ya que aumenta el tamaño y el estado nutricional de la planta; esos autores obtuvieron un rendimiento de un 11% más comparado con el testigo sin inocular.

Núñez-Sosa *et al.* (2005) evaluaron la utilización de *Azospirillum* y *Glomus fasciculatum* en el cultivo de zanahoria a diferentes concentraciones de materia orgánica, obtuvieron los mejores rendimientos en la coinoculación de *Azospirillum* y *Glomus fasciculatum*, y la inoculación simple de *Glomus fasciculatum*.

Terry y Leyva (2006) mencionaron que algunos beneficios en el desarrollo de las plantas atribuidas a los hongos micorrizas realmente provienen de la combinación con bacterias, por lo que evaluó *Glomus clarum* y *Azospirillum brasilense*. En tomate variedad “Amalia” inoculó al momento de la siembra para almácigo, en inoculación simple y en coinoculación, ambos microorganismos, con diferentes concentraciones de fertilización nitrogenada, encontrando mejores resultados en el tamaño de la planta a partir de los 31 días de la germinación, además de mayor cantidad de masa seca de las plantas, mayores contenidos de proteínas solubles y mayor rendimiento, por lo que consideraron a la coinoculación como una alternativa para mantener un estado nutrimental adecuado de las plantas y para sustituir la fertilización nitrogenada.

Santillana (2006) evaluó tres tipos de cepas de *Pseudomonas* sp. como inoculantes en diferentes cultivos bajo condiciones de invernadero, entre ellos la papa y el tomate. También encontró que en ambos cultivos no se encontraron diferencias significativas en el uso de cada una de las cepas, con relación al peso seco de la parte aérea; sin embargo,

sí encontró una diferencia en el desarrollo radicular, comparado con el testigo sin inocular.

Alvarez *et al.* (2008) evaluaron la utilización de *Glomus fasciculatum* en un suelo de clasificación Cambisol Crómico combinado con diferentes niveles de fertilización, donde encontró mayores rendimientos al emplear *Glomus fasciculatum* a niveles de fertilización de 150, 240 y 125 kg/Ha de N, P₂O₅ y K₂O, respectivamente, al compararlos con una inculación sin fertilización, otras concentraciones de fertilización y un testigo sin inocular ni fertilizar.

Salazar (2011) planteó como una alternativa utilizar el hongo micorrízico *Claroideogomus claroideum* y un sustrato elaborado a base de polvo de fibra de coco, composta de estiércol de bobino, cascarilla de arroz, harina de pescado, composta de cachaza de caña de azúcar, dolomita, roca fosfórica y levadura de cerveza, para mejorar el rendimiento y la vida de anaquel del jitomate, ya que obtuvo un desarrollo normal de la planta sin la adición de un fertilizante químico.

CEPAS AUTÓCTONAS

Diversos factores como humedad, predación, alta salinidad, pH y temperatura pueden disminuir las poblaciones de diversas especies microbianas como biofertilizantes y en consecuencia su efectividad, por lo que es más recomendable para la elaboración de los mismos utilizar cepas nativas que estén adaptadas a las condiciones ambientales, ya que se tienen menores riesgos de obtener malos resultados (Armenta *et al.*, 2010). Ferrera-Cerrato y Alarcón (2001) y Ferrera-Cerrato y Alarcón (2007) concuerdan con lo anterior y mencionan que un buen resultado de los biofertilizantes depende en gran medida de la selección de las cepas que se utilicen para su elaboración, por lo que recomienda la utilización de cepas nativas que estén adaptadas a un ambiente dado.

El Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) ha producido inoculantes para cultivos de granos; sin embargo, no han tenido la aceptación esperada debido a que los productores tienen desconfianza de no obtener las ganancias deseadas, debido a que la efectividad de los biofertilizantes varía porque

depende de los diversos factores ambientales como suelo y especie de planta, entre otros, lo que dificulta su colocación en el mercado (Armenta *et al.*, 2010).

CONSIDERACIONES FINALES

Diversos autores mencionan algunos beneficios de la utilización de hongos y bacterias como biofertilizantes, entre los que destacan la mayor aportación de minerales, mayor resistencia a patógenos, fijación del nitrógeno atmosférico, mejor desarrollo radicular, y mayor tolerancia al estrés, entre otros.

En mayores o menores proporciones algunos autores coinciden en buenos resultados al inocular diversos géneros de bacterias y hongos micorrízicos bajo diversos sistemas de producción de tomate; sin embargo existen más estudios en bacterias Del género *Azospirillum*, y del género *Glomus* en el caso de los hongos micorrízicos.

Algunos autores proponen la utilización de los biofertilizantes como alternativa para disminuir la utilización de fertilizantes químicos sintéticos en la producción de tomate y coinciden en que el empleo de biofertilizantes es una alternativa para el desarrollo sustentable de los agroecosistemas y en que su elaboración se debe basar en cepas nativas debido a que ya están adaptadas al medio ambiente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre, M. J. F., G. M. B. Irizar, P. A. Duran, C. O. A. Grajeda, M. A. Peña del Rio, O. C. Loredó, B. A. Gutiérrez. 2009. Los biofertilizantes-microbianos, alternativa para la agricultura en México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias Campo Experimental Rosario Iztapar, Tuxtla Chico, Chiapas, México.
- Alarcón, A., R. Ferrera-Cerrato. 2000. Biofertilizantes: importancia y utilización en la agricultura. Agricultura Técnica en México 26: 191-203.
- Alemán-Martínez, V. 2006. Efecto de los niveles de composta y hongo micorrízico arbuscular en el desarrollo y crecimiento de frijol *Phaseolus vulgaris* L. Tesis de Maestría. Universidad de Colima, Colima. México.
- Alvarez, K. P. M., B. Y. González, A. D. Reyes. 2008. Evaluación del empleo de micorrizas vesículo arbusculares combinadas con diferentes niveles de nitrógeno en tomate. Centro Agrícola 35: 15-18.

- Armenta, B. A. D., G. C. García, B. J. R. Camacho, S. M. A. Apodaca, L. G. Montoya, P. E. Nava. 2010. Biofertilizantes en el desarrollo agrícola de México. *Ra-Ximhai* 6: 51-56.
- Díaz-Franco, A., G. J. Salinas, G. J. R. Valadez, E. H. M. Cortinas, O. C. Loredó, Q. V. Pecina, R. A. Pajarito, A. J. Amado, G. D. González. 2012. Impacto de la Biofertilización del Maíz en el Norte de México. Folleto Técnico No. Mx-0310301-25-03-13-09-54. Instituto Nacional de investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Río Bravo, Tamaulipas. México.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación Representante en México). 2009. la FAO en México Más de 60 años de cooperación 1945 – 2009. Agroanálisis A. C. México.
- Ferrera-Cerrato, R., A. Alarcón. 2001. La microbiología del suelo en la agricultura sostenible. *Ciencia Ergo Sum* 8: 175-183.
- Ferrera-Cerrato, R., A. Alarcón. 2007. Microbiología agrícola: hongos, bacterias, micro y macrofauna, control biológico y planta-microorganismo. Trillas. México.
- Núñez-Sosa, D. B., G. R. Lirio, C. C. López. 2005. Evaluación de biofertilizantes (*Azospirillum* y Micorrizas) y diferentes niveles de materia orgánica en bolsa y organóponico, en el cultivo de la zanahoria (*Daucus carota* L.). *Centro Agrícola* 32: 5-9
- Pajarito-Ravelero, A. 2012. Uso de Biofertilizantes en la Producción de Frijol en el Estado de Durango. Libro Técnico No. 6. Campo Experimental Valle del Guadiana. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, INIFAP. México.
- Pajarito-Ravelero, A., J. M. Ibarra-Flores. 2012. Uso de biofertilizantes en la producción de grano y forraje de maíz en Durango. Libro técnico Núm. 7. Campo Experimental Valle del Guadiana. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, INIFAP. México.
- Rodríguez, Y., B. De la Noval Pons, F. Fernández Martín, P. Rodríguez Hernández. 2004. Estudio comparativo del comportamiento de seis cepas de hongos micorrízicos

arbusculaes en su interacción con el tomate (*Lycopersicon esculentum* M. var. "Amalia"). Ecología Aplicada 3: 162-171.

Salazar, R. H. 2011. Sustratos orgánicos y biofertilizantes para el cultivo de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) en Invernadero. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR) Unidad Michoacán, Instituto Politécnico Nacional. Juquilpan, Michoacán, México.

Salgado-García, S., R. Núñez-Escobar. 2010. Manejo de fertilizantes Químicos y Orgánicos. 2010. Colegio de Posgraduados. Mundi-Prensa. México.

Santillana, N., C. Arellano, D. Zúñiga. 2005. Capacidad del *Rhizobium* de promover el crecimiento en plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Miller). Ecología Aplicada 1-2: 47- 51.

Santillana, V. N. 2006. Producción de biofertilizantes utilizando *Pseudomonas sp.*. Ecología Aplicada 1-2: 87-91.

Terry, A. E., A. Leyva, A. Hernández. 2005. Microorganismos benéficos como biofertilizantes eficientes en el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). Revista Colombiana de Biotecnología 7: 47-54.

Terry, A. E., G. A. Leyva. 2006. Evaluación agrobiológica de la coinoculación micorrizas-rizobacterias en tomate. Agronomía Costarricense 1: 65-73.