

Artículo de Investigación

Efecto de un biofertilizante a base de *Azospirillum brasilense* y *Glomus intraradices* en el crecimiento de acelga (*Beta vulgaris* var. Cicla)

Fordhook Giant

Effect of a biofertilizer made of Azospirillum brasilense and Glomus intraradices on growth of Swiss chard (Beta vulgaris var. Cicla) Fordhook Giant

Silvia Yudith Martínez-Amador ¹, Sahara Cristina Navarrete-Andrade ¹, José Antonio Rodríguez -De la Garza ², Alonso Méndez-López ¹, Laura María González-Méndez ^{1*}, Aída Isabel Leal-Robles ¹, Pedro Pérez-Rodríguez ³, Brenda Verónica Borrego-Limón ¹

¹ Departamento de Botánica. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro 1923. Col. Buenavista, 25315 Saltillo, Coahuila, México.

² Departamento de Biotecnología, Facultad de Ciencias Químicas. Universidad Autónoma de Coahuila. Saltillo, José Cárdenas Valdez y Venustiano Carranza S/N, Col. República Oriente, 25280 Saltillo, Coahuila, México.

³ Departamento de Ciencias del Suelo, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro 1923. Col. Buenavista, 25315 Saltillo, Coahuila, México.

* Autor para correspondencia: laura.gonzalez@uaaan.edu.mx

Recibido:

31/03/2025

Aceptado:

17/01/2026

Publicado:

4/02/2026

Como citar:

Martínez-Amador S.Y., Navarrete-Andrade S.C., Rodríguez -De la Garza J.A., Méndez-López A., González-Méndez L.M., Leal-Robles A.I., Pérez-Rodríguez P., Borrego-Limón B.V. (2026). Efecto de un biofertilizante a base de *Azospirillum brasilense* y *Glomus intraradices* en el crecimiento de acelga (*Beta vulgaris* var. Cicla) Fordhook Giant. Universitas Agri 5(1):e44. <https://doi.org/10.59741/agri.v5i1.44>

RESUMEN

Los biofertilizantes son productos elaborados a base de microorganismos benéficos de una sola especie, o una combinación con otra (coinoculantes). El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de un producto a base de la bacteria *Azospirillum brasilense* y el hongo micorrízico *Glomus intraradices*, en el crecimiento de acelga (*Beta vulgaris* var. Cicla) Fordhook Giant. Semillas de este cultivo fueron previamente tratadas con coinoculantes (S), y los tratamientos aplicados fueron: S + 10 días después del trasplante (T1), S+ 10 +20 días (T2), S+ 10+20 + 30 días (T3), con solución Steiner completa al 50 % (T4), solución Steiner al 50% sin N y P (T5), y un testigo regado solamente con agua potable (T6). Los parámetros de crecimiento a evaluar fueron: peso fresco y peso seco de raíz, tallo y hoja respectivamente, así como el área foliar. El análisis de comparación de medias de Tukey ($p \geq 0.05$), mostró diferencias en el peso fresco y el área foliar; en peso fresco de la raíz, el tratamiento T3 con coinoculantes, resultó ser 0.96 % mayor respecto al testigo ; en peso fresco de tallo , el T4 y T1 presentaron los valores promedio más elevados, 4.73 % y 3.7 % arriba del testigo, respectivamente ; en el peso fresco de la hoja , T4 presentó el valor medio más alto , 16.7 % arriba del testigo, seguido por T2 (11.43 %) ; y un área foliar aumentada por T4, 16.5 % mayor que el testigo (T6),seguida por T1 (7.8 %), T3 (7.6 %),y T2 (7.2 %). Los parámetros de peso seco, sin embargo, no fueron significativos. Se concluye, por tanto, que la coinoculación produjo un aumento significativo en el crecimiento de la acelga, especialmente la hoja, que es la parte comercialmente útil de la planta, y podría ser una opción amigable con el ambiente, para incrementar el rendimiento del cultivo.

Palabras clave: área foliar, coinoculación, peso fresco, peso seco, solución Steiner.



ABSTRACT

Biofertilizers are products made of beneficial microorganisms, containing pure strains or a combination with others (co-inoculants). The main objective of this investigation, was the evaluation of the effect of co-inoculation by *Azospirillum brasilense* and *Glomus intraradices*, on growth of a Swiss Chard cultivar (*Beta vulgaris* sbsp. Cicla) Fordhook Giant. The established treatments were: seed stage S +10 days after transplant (T1), S + 20 days after transplant (T2); S+ 10, 20 and 30 days after transplant (T3), 50 % Steiner solution (T4), 50% Steiner-NP nutrient solution (T5), and control (T6), irrigated only with tapwater. Growth parameters evaluated were: root, stem, and leaf fresh and dry weights, and leaf area as well. The Tukey test ($P \geq 0.05$), showed significant differences in fresh weight and leaf area over control, with the application of 50% Steiner Solution and coinoculation, after 40 days of plant growth; in root fresh weight, T3 produced an increase 0.96% above control (T6); in stem fresh weight, T4 and T1, showed mean values, 4.73 % and 3.7 % higher than control (T6), respectively; in leaf fresh weight, T4 attained the highest value 16.7 % above control, followed by T2 (11.43%); and an increased leaf area with T4 (16.5 %), followed by T1 (7.8 %), T3 (7.6 %) and T2 (7.2 %) higher. Dry weight parameters, however, showed no significance at all. It is concluded, that co-inoculation induced growth in Swiss Chard, especially leaf, the commercially important plant part. Using co-inoculants as biofertilizers or biostimulants, would be a feasible, eco-friendly option for improving yield in this crop.

Keywords: coinoculation, dry weight, fresh weight, leaf area, Steiner Solution.

1. INTRODUCCIÓN

El suelo es uno de los recursos naturales vulnerables, debido al uso indiscriminado de fertilizantes químicos, que ha derivado en problemas ambientales; los daños se pueden ver reflejados en erosión, pérdida de disponibilidad de nutrientes para las plantas, contaminación del agua subterránea, originando una búsqueda de soluciones a esta problemática, a través de diversos estudios sobre biofertilizantes o bioinoculantes, bioinsumos orientados a suplir parcial o totalmente la necesidad de nutrientes en forma natural, sin alterar suelo y agua (Bashan & Hartman, 2009; Mamani de Marchese & Filippone, 2018). Ante este escenario, la investigación se ha orientado hacia la agricultura sostenible, amigable con el medio ambiente, como parte de una economía circular, enfocada en la reutilización y reciclaje de los residuos (Florez-Jalixto *et al.*, 2021). Un biofertilizante es un producto a base de microorganismos benéficos, que generalmente son bacterias y hongos micorrízicos, los cuales viven asociados con las plantas y ayudan a su proceso natural de nutrición, además de ser regeneradores del suelo (Mora-Quilismal *et al.*, 2021). La acción de estos inoculantes microbianos, es incrementar el crecimiento de las plantas, al promover el desarrollo de las raíces secundarias, que aumentan la superficie de absorción de nutrientes. También actúan como protectores contra fitopatógenos, mediante la producción de metabolitos, entre los que se destacan las fitohormonas (Aguirre-Medina, 2011). Los microorganismos rizosféricos benéficos, promueven el crecimiento vegetal, aumentando el vigor de las plantas y, por ende, el rendimiento (Mendoza-Villarreal *et al.*, 2014; Aguirre-Medina y Espinoza-Moreno, 2016; González-Mancilla *et al.*, 2017; Castillo-Aguilar, 2018; Gamboa-Angulo *et al.*, 2021; Adame-García *et al.*, 2023). La inoculación con microorganismos rizosféricos, promueve la fertilidad del suelo, por medio de la solubilización y mineralización de nutrientes mediante ácidos orgánicos (Pylac, Ozsust & Franç, 2019; Shahzad *et al.*, 2025). Algunos microorganismos también pueden producir reguladores de crecimiento, como el ácido indol-acético (auxina), que las plantas aprovechan de manera directa, además de coadyuvar al suministro de algunos elementos minerales, como es el caso del fósforo por los hongos micorrízicos (Díaz-Vargas *et al.*, 2001; González-Mancilla *et al.*, 2017; Selvaraj & Thangavel, 2022, Canchignia-Martínez *et al.*, 2025). Aguirre-Medina *et al.* (2011), encontraron que la simbiosis doble de *G. intraradices* y *A. brasilense* mejoró el desarrollo del tallo y lámina foliar en café arábigo. En el género *Capsicum*, se ha demostrado que la inoculación de agentes microbianos mejora las características agronómicas (crecimiento de tallo, follaje y raíz), cuando se aplican de manera individual o en consorcio (Adame-García *et al.*, 2023). En el cultivo de *C. annum*, Vazallo *et al.* (2013), obtuvieron mayor crecimiento en la longitud de raíz y mayor



biomasa seca de raíz, aplicando *Rhizobium elii* y *Trichoderma viride*. El uso de microorganismos rizosféricos como biofertilizantes, también puede mejorar la calidad de fruto de algunos cultivos (Adame-García *et al.*, 2023). Una opción para reducir la cantidad de fertilizantes sintéticos, es manejar adecuadamente los nutrientes en el suelo a través de inoculantes microbianos, que incrementen la concentración de nutrientes, como calcio y potasio, que promueven un fruto cuya cáscara posee mayor rigidez, y el transporte de carbohidratos a la hoja, que en consecuencia se obtenga, un mayor volumen de fruto (Velasco *et al.*, 2001; Jiménez-Gómez *et al.*, 2017). Los microorganismos promotores de crecimiento vegetal se encuentran de forma natural en el suelo, sin embargo, su población es afectada por el mal manejo de suelo y uso excesivo de agroquímicos (Grageda-Cabrera *et al.*, 2012). Dentro de este grupo de microorganismos se encuentran hongos micorrízicos de los géneros: *Acaulospora*, *Entrophospora*, *Gigaspora*, *Scutellospora*, *Sclerocystis* y *Glomus*, y especies de bacterias de géneros como *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Azotobacter*, *Frankia*, *Beijerinckia* y *Azospirillum* (Ahmad *et al.*, 2013, González-Mancilla *et al.*, 2017). *Azospirillum* ha creado numerosos progresos en los campos, dando lugar a una aplicación cada vez mayor y exitosa en varias regiones del mundo, especialmente en América del Sur y Centroamérica (Bashan & Hartmann, 2009). Los efectos positivos de *A. brasilense* en diversos cultivos, se han atribuido principalmente al mejoramiento en el desarrollo de la raíz, al incremento subsecuente en la tasa de asimilación de agua, y la utilización de minerales del suelo (García *et al.*, 2007). *Azospirillum* aumentó más del 30% la producción de grano y materia seca de cultivos tales como el frijol, trigo, garbanzo, pastos, cítricos y haba (García-Olivares *et al.*, 2012). En soya el rendimiento fue del 11% y en maíz el rendimiento de grano aumentó hasta un 35% (García-Olivares *et al.*, 2007); en caña de azúcar, pastos y sorgo, aporta de 30 a 50% los requerimientos de nitrógeno de dichos cultivos (García-Olivares *et al.*, 2006). La aplicación de *Glomus* en diversos cultivos ha sido exitosa, y la inoculación con hongos micorrízicos arbusculares, podría mejorar de manera eficiente las actividades fotosintéticas y fisiológicas; se encontró dicha mejoría en el suelo de la rizosfera del trigo, y el tratamiento con microflora rizosférica fue el mejor (Guo, Zhou & Wang, 2022). Por otra parte, Hernández y Salas (2009), demostraron que plantas inoculadas con la micorriza, presentaron un 100% de supervivencia al momento del trasplante, en comparación con plantas sin inocular, con solamente un 30%. Aún queda mucho por investigar, en cuanto a la aplicación de estos bioinoculantes, dosis adecuadas para cada cultivo con el fin de tener una mayor productividad, y un mejor rendimiento económico, por lo cual el objetivo del presente estudio fue, evaluar el efecto de diferentes aplicaciones de un coinoculante a base de *Azospirillum brasilense* y *Glomus intraradices*, en el crecimiento del cultivar de acelga (*Beta vulgaris* var. Cicla) Fordhook Giant.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 *Ubicación del experimento*

La presente investigación se llevó a cabo el verano de 2018, en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, situada en la ciudad de Saltillo, Coahuila, en el invernadero no. 2 de la Subdirección de Operación de Proyectos en donde fue establecido el experimento y en el laboratorio de Biotecnología del Departamento de Botánica de la UAAAN.

2.2 *Desinfección de semillas de acelga*

La desinfección de las semillas se llevó a cabo, empleando la metodología propuesta por García (2010), a través de la cual se sometieron 400 semillas de acelga a un proceso de lavado y desinfección previo a la coinoculación, mediante el cual se colocaron en un matraz Erlenmeyer de 200 ml con una solución de Tween 20 al 2%, agitando de forma manual durante 10 minutos; posteriormente, las semillas se enjuagaron 10 veces con agua destilada, siendo después sumergidas en 200 ml de etanol al 96% durante un minuto, manteniéndose en agitación, transcurrido este tiempo, se retiró el etanol y se colocaron las semillas en un vaso de precipitados con 200 ml de hipoclorito de sodio, y se mantuvieron en agitación durante 5 minutos más; las semillas se enjuagaron 5 veces con un periodo de 3 minutos cada uno en una solución estéril de tiosulfato de sodio al 2%, y finalmente se enjuagaron 10 veces con agua destilada estéril; por último se dejaron secar completamente al aire libre

2.3 *Coinoculación de las semillas de acelga*



Para la coinoculación de las semillas de acelga, se prepararon 50 ml de la solución de goma arábica al 1%, agregando 9 ml del biofertilizante líquido Biogea (mezcla de *Azospirillum brasiliense* + *Glomus intraradices*), y se adicionó 1 ml de la mezcla inoculante sobre las semillas contenidas en un frasco de cultivo tipo GL 45 con tapa, y se agitó el frasco vigorosamente; posteriormente se retiró el excedente, secándose al aire libre. Para el tratamiento testigo, únicamente se agregaron 9 ml de agua destilada, más 1 ml de solución de goma arábica al 1%, dejándose secar al aire libre.

2.4 Preparación del sustrato y siembra de semillas de acelga

La siembra de las semillas de acelga previamente coinoculadas y testigo, se llevó a cabo en charolas de germinación de 200 cavidades, conteniendo peat moss saturado con agua, sembrando una semilla por cavidad. Posteriormente, las charolas se transportaron al invernadero, a una temperatura promedio de 28°C.

2.5 Trasplante de plántulas de acelga

El trasplante se realizó a los 27 días después de la siembra, en macetas de plástico de 3 L, llenadas con una mezcla 1:1:1 de peat moss-perlita-suelo agrícola, colocando una plántula por maceta, a 28 °C en el invernadero.

2.6 Coinoculación de plantas emergentes

La coinoculación de las plántulas trasplantadas consistió, en mezclar 1 ml de biofertilizante, aforando a 100 mL con agua potable, realizando la aplicación directamente al suelo a un lado de la plántula. A los 10 días después del trasplante, se realizó una tercera inoculación, siguiendo el proceso y la dosis antes mencionada. A los 20 días se realizó la cuarta inoculación y, finalmente, a los 30 días se aplicó la quinta y última inoculación. La Tabla 1 muestra las abreviaturas y descripción de los tratamientos.

Tabla 1. Descripción y abreviaturas usadas de los tratamientos.

Tratamiento	Descripción
S+T+10 ddT (T1)	Coinoculación en semilla, al trasplante, y a los diez días después del trasplante
S+T+10+20 ddT (T2)	Coinoculación en semilla, en trasplante y a los 10 y 20 días después del trasplante
S+T+10+20+30 ddT (T3)	Coinoculación en semilla, en trasplante, a los 10, 20 y 30 días después del trasplante.
Steiner (T4)	Solución Steiner completa al 50%
Steiner -NP (T5)	Solución Steiner al 50% carente de nitrógeno y fósforo

2.7 Fertilización mineral y riego de las plantas.

Para la fertilización de las plántulas del T4, se utilizó la solución Steiner al 50% (Steiner, 1981), y a las del T5, solución Steiner en la misma concentración, pero carente de nitrógeno y fósforo; se aplicó riego diario, suministrando 100 ml de solución en cada maceta. En el caso del testigo absoluto (T6), cada maceta se regó con 100 ml de agua potable.

2.8 Diseño experimental

El diseño que se utilizó en el experimento fue bloques totalmente al azar, seis tratamientos con 20 repeticiones cada uno, dando un total de 120 unidades experimentales.

2.9 Evaluación del crecimiento vegetal

Se evaluaron los pesos fresco y seco de raíz, tallo y hoja, así como área foliar. Para observar el efecto de las diferentes aplicaciones del coinoculante, se realizaron cinco muestreos, con 4 repeticiones, a intervalos de 1 mes y 10 días. Las plantas fueron retiradas de las macetas, y se seccionaron en raíz, tallo y hoja, pesando con ayuda de una balanza Marca OHAUS Modelo TS400S, para obtener el peso fresco; se colocaron posteriormente en bolsas de papel estraza y se metieron a la estufa



de secado Marca TERLAB, Modelo HS_H_A100308, por un lapso de 3 días a 65°C, transcurrido este tiempo se retiraron las muestras de la estufa y se tomaron los datos de peso seco de raíz, tallo y hoja. Para la medición del área foliar, se empleó el integrador de área foliar (Marca LI-COR Modelo LI3100C).

2.10 Análisis estadístico

A los datos obtenidos del experimento fueron sometidos a un análisis de varianza de bloques totalmente al azar, y comparación de medias por Tukey a una $p \leq 0.05$, mediante el software InfoStat de Di Rienzo et al. (2018).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Peso fresco de la raíz

Los resultados de la variable peso fresco de la raíz (Cuadro 2), demuestran que en el muestreo 1, no hay diferencias significativas entre tratamientos, las medias se presentaron en un rango de 0.40 a 0.46 g; las diferencias significativas se vieron mayormente marcadas en los muestreos 2 al 5, donde el tratamiento 2 (S+T+20ddT), mostró los valores medios más altos en los muestreos 2 y 3 con 1.15 g en ambos casos, en tanto que, en los muestreos 4 y 5 fue el tratamiento 3 (S+T+30ddT), que presentó los mejores valores medios (3.81 y 4.09 g, respectivamente). Cabe mencionar que, en todos los muestreos realizados, el tratamiento 4 (Solución Steiner) mostró los valores de peso de raíz más bajos, estos valores estuvieron en un rango de 0.40 a 2.33 g. En cuanto a desarrollo final, el análisis de comparación de medias de Tukey ($P \geq 0.05$), reveló que el peso fresco de raíz registró el valor promedio más alto en el tratamiento T3 (4.09 g), siendo 0.96 % mayor que el testigo T6. García et al. (2007) indican, que los efectos positivos de la aplicación de *Azospirillum brasilense* en diversos cultivos, se han atribuido principalmente, al mejoramiento en el desarrollo de la raíz, y al incremento subsecuente en la tasa de asimilación de agua, y la utilización de minerales del suelo. Aguirre-Medina et al., en 2014, encontraron que plantas de *Tabebuia donnell-smithii* Rose inoculadas con hongos micorrízicos + *A. brasilense*, con *R. intraradices*, y la simbiosis doble con *A. brasilense*+*R. intraradices* y *Glomus sp.* (V), presentaron mayor aumento de biomasa a 112 días ($p \leq 0.05$), mientras que el mayor contenido de nitrógeno, se encontró en raíces de plantas inoculadas con *R. intraradices*, y en el vástago con *A. brasilense*. El contenido de fósforo fue mayor con *R. intraradices* y *A. brasilense* en el vástago, y las diferencias significativas finales en altura de planta, fueron de 16 cm entre tratamientos inoculados respecto al testigo.

Tabla 2. Peso fresco de raíz de plantas de acelga tras diferentes tratamientos de coinoculación a semilla, al trasplante, a 10, 20, 30 días después del trasplante y con fertilización inorgánica,

Tratamientos	Peso fresco de raíz (g)									
	Muestreos (semanas después del trasplante)									
	1	2	3	4	5					
S+T+10ddT	0.46	A	0.90	AB	0.90	AB	2.37	BC	3.29	BC
S+T+20ddT	0.46	A	1.15	A	1.15	A	2.85	B	3.76	AB
S+T+30ddT	0.46	A	0.88	AB	0.88	AB	3.81	A	4.09	A
Steiner	0.40	A	0.38	B	0.38	B	2,32	BC	2.33	D
Steiner –NP	0.40	A	0.63	AB	0.63	AB	2.17	C	2.62	CD
Testigo	0.40	A	0.60	AB	0.60	AB	2.79	B	3.96	AB

Peso seco de la raíz



Tras el análisis de comparación de medias de Tukey ($P \geq 0.05$), no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados. Los resultados de la variable peso seco de la raíz (Cuadro 3) en los muestreos 1 y 2 no se observan diferencias significativas entre tratamientos, las medias se presentaron en un rango de 0.3 a 0.4 g. Las diferencias numéricas, se vieron mayormente marcadas en los muestreos 3, 4 y 5, donde los tratamientos 2 (S+ T+20ddT) y 5 (Steiner 50%- NP), mostraron los valores medios más altos, en el muestreo 3 con 0.06 g en ambos tratamientos, en tanto que, en el muestreo 4, fue el tratamiento 5 (Steiner 50%-NP) el que presentó el mejor valor medio (0.33g), mientras que, en el muestreo 5 los tratamientos 2 (S+T+20ddT) y 6 (Testigo) fueron los que mostraron los valores medios más altos (0.48 g para ambos tratamientos). Es importante mencionar, que, en todos los muestreos realizados, el tratamiento 4 (Solución Steiner) mostró los valores de peso seco de raíz más bajos, estos valores estuvieron en un rango de 0.03 a 0.37 g. Aguirre-Medina et al. (2007), inocularon semillas de cacao con *Azospirillum brasilense* y *Glomus intraradices*, solos o combinados al momento de la siembra. Se registraron variables morfológicas y fisiológicas del rendimiento y el contenido de N₂, P y Ca²⁺ en el tejido vegetal cada 30 días durante seis meses. Los resultados indicaron, una respuesta diferencial entre condiciones de suelo y microsimbiontes en la producción de materia seca; los órganos de la planta más modificados fueron la raíz y la lámina foliar; las plantas inoculadas mostraron mayor concentración de N₂ en suelo no tratado. *G. intraradices* fue más efectivo en promover la incorporación de P en suelo no tratado y de Ca²⁺ en ambas condiciones del suelo; las plantas de cacao asignaron a la raíz un promedio de 36% del total de la materia seca, frente a 27% en el suelo sin tratar. Huanaco et al. (2025), encontraron efectos significativos en el peso seco de raíz de maíz, tras someterlo a coinoculación con *Azospirillum brasilense* y *Glomus iranicum* var. *Tenuihyphacum*; el peso seco se triplicó con respecto al control en forma significativa, superando a las inoculaciones individuales, concluyendo que ocurrió una respuesta a sinergismo que ejercieron las dos especies de microorganismos, al modificar la arquitectura del sistema radical, potenciando la absorción de nutrientes por la planta. La combinación de especies de coinoculantes, resultó favorecedora en el cultivo de maíz, indicando la necesidad de más estudios en especies cultivable para emplear a mayor escala esta opción agroecológica.

Tabla 3. Peso seco de raíz de plantas de acelga tras diferentes tratamientos de coinoculación a semilla, al trasplante, a 10, 20, 30 días después del trasplante y con fertilización inorgánica,

Tratamientos	Peso seco de raíz (g)									
	Muestreos (semanas después del trasplante)									
	1	2	3	4	5					
S+T+10ddT	0.04	A	0.03	A	0.05	AB	0.20	B	0.42	ABC
S+T+20ddT	0.04	A	0.04	A	0.06	A	0.28	AB	0.48	A
S+T+30ddT	0.04	A	0.03	A	0.06	AB	0.27	AB	0.46	AB
Steiner	0.04	A	0.03	A	0.04	B	0.22	AB	0.37	C
Steiner -NP	0.04	A	0.03	A	0.06	A	0.33	A	0.41	BC
Testigo	0.04	A	0.03	A	0.06	AB	0.24	AB	0.48	A

Peso fresco de tallo

El análisis de comparación de medias de Tukey ($P \geq 0.05$), encontró diferencias significativas entre los tratamientos evaluados. Los resultados indican que en el peso fresco del tallo (Cuadro 4) en los muestreos 1 y 3, hay diferencia estadística significativa entre tratamientos, donde los tratamientos 1, 2 y 3 presentan los valores promedio más altos (0.13 g para todos los tratamientos en el muestreo 1 y 0.39 g, 0.37 g, 0.38 g, respectivamente, en el muestreo 3); las diferencias significativas se vieron mayormente marcadas en los muestreos 2, 4 y 5, donde el tratamiento 4 (Solución Steiner 50%), mostró los valores medios más altos, con 0.23 g, 8.58 g y 21.12 g, respectivamente. En cuanto a crecimiento final, en el peso fresco del tallo, el T4 fue el que presentó el valor medio más alto (21.12 g), siendo 4.73 % mayor al testigo, seguido por T1 (14.95 g), con 3.7 %. Es importante resaltar, que en todos los muestreos realizados el tratamiento 6 (Testigo),



mostró los valores de peso fresco de tallo más bajos; estos valores estuvieron en un rango de 0.07 a 5.59 g. Pérez y Casas (2005), descubrieron un aumento significativo en el peso fresco de tallo de plántulas cultivadas *in vitro* de caña de azúcar (*Saccharum sp.*), tras ser inoculadas con la cepa 8-INICA de *Azospirillum brasilense*, encontrando además aumentada la actividad de la nitrogenasa, que promovió el crecimiento de las vitroplantas.

Tabla 4. Peso fresco de tallo de plantas de acelga tras diferentes tratamientos de coinoculación a semilla, al trasplante, a 10, 20, 30 días después del trasplante y con fertilización inorgánica,

Tratamientos	Peso fresco del tallo (g)									
	Muestréos (semanas después del trasplante)									
	1	2	3	4	5					
S+T+10ddT	0.13	A 0.21	AB 0.39	A 3.22	C 14.95					B
S+T+20ddT	0.13	A 0.23	A 0.37	A 3.79	BC 9.87					C
S+T+30ddT	0.13	A 0.18	AB 0.38	A 4.50	BC 10.23					C
Steiner	0.07	B 0.23	A 0.26	B 8.58	A 21.12					A
Steiner –NP	0.07	B 0.14	AB 0.23	B 5.45	B 10.23					C
Testigo	0.07	B 0.12	B 0.22	B 3.15	C 5.59					D

Peso seco de tallo

El análisis de comparación de medias de Tukey ($P \geq 0.05$), encontró diferencias significativas entre los tratamientos evaluados. En el muestreo 1 (cuadro 5) no se observa diferencia estadística significativa alguna entre tratamientos; las medias se presentaron con el mismo valor en todos los casos (0.1 g). En los muestreos 2 al 5 se presentan diferencias, donde los tratamientos 1 (S+T+10ddT), 3 (S+T+30ddT), y 4 (Solución Steiner 50%) mostraron los valores medios más altos en el muestreo 2 con 0.2 g en ambos casos, en tanto que, en el muestreo 3 fueron los tratamientos 1 (S+T+10ddT) y 3 (T3+T+30ddT) los que presentaron los mejores valores medios (0.06 g y 0.05 g, respectivamente), mientras que en el muestreo 4 el valor medio más alto lo presentó el tratamiento 5 (Steiner 50%–NP) con 0.64 g, el que presentó también el valor medio más alto junto con el tratamiento 4 (Solución Steiner 50 %) en el último muestreo (1.45 g, 1.57 g, respectivamente). En cuanto a crecimiento final, el peso seco de tallo el T4 (1.57 g), fue 0.74% mayor que el testigo (T6). Es importante hacer mención que en todos los muestreos analizados el tratamiento 6 (Testigo), obtuvo los valores de peso más bajos, estos valores estuvieron en un rango de 0.01 a 0.90 g, a excepción del muestro 4 donde el tratamiento 1 (S+T+10ddT) presentó el valor medio más bajo con 0.34 g. Aguirre-Medina et al. (2014), al aplicar *R. intraradices* en un cultivo de cedro, determinaron que el peso seco del tallo fue mayor tras la inoculación.

Tabla 5. Peso seco de tallo de plantas de acelga tras diferentes tratamientos de coinoculación a semilla, al trasplante, a 10, 20, 30 días después del trasplante y con fertilización inorgánica,

Tratamientos	Peso seco de tallo (g)									
	Muestréos (semanas después del trasplante)									
	1	2	3	4	5					
S+T+10ddT	0.01	A 0.02	A 0.06	A 0.34	D 0.93					B
S+T+20ddT	0.01	A 0.01	B 0.05	AB 0.55	B 1.18					AB
S+T+30ddT	0.01	A 0.02	A 0.05	A 0.59	AB 1.24					AB
Steiner	0.01	A 0.02	A 0.04	AB 0.62	AB 1.57					A

Steiner –NP	0.01	A	0.01	B	0.03	B	0.64	A	1.45	A
Testigo	0.01	A	0.01	B	0.03	B	0.47	C	0.90	B

Peso fresco de hoja

El análisis de comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$), reveló diferencias significativas entre los tratamientos evaluados. Los resultados de la variable peso fresco de la raíz (Cuadro 6), en el muestreo 1, se muestran diferencias significativas en relación al testigo, donde los tratamientos 1, 2 y 3, presentaron los valores medios más altos (0.45 g); las diferencias significativas se vieron mayormente marcadas en los muestreos 3 al 5, donde los tratamientos 1 (S+T+10ddT), 3 (S+T+30ddT) y 4 (Solución Steiner), mostraron los valores medios más altos (8 g, 8.54 g y 8.4 g, respectivamente), en tanto que en los muestreos 4 y 5 fue el tratamiento 4 (Solución Steiner 50%) el que presentó los mejores valores medios (16.04 g y 25.99 g, respectivamente). Al crecimiento final de la hoja, el peso fresco T4 alcanzó el valor más alto (25.99 g), 16.7% mayor al testigo, seguido por T2 (19.73 g), con 11.43%. Es de destacarse que en todos los muestreos realizados el tratamiento 6 (Testigo), mostró los valores más bajos, los cuales, estuvieron en un rango de 0.27 a 9.92 g. Grellet et al. (2017), evaluaron la cepa *A. brasilense* Az39 como un potencial biofertilizante para el cultivo de sorgo azucarado; realizaron bioensayos de inoculación bajo condiciones de invernáculo, en los que se evaluó la capacidad de la cepa Az39 de mejorar la emergencia, así como colonizar y promover el desarrollo y crecimiento del cultivo. Los resultados obtenidos demostraron que la inoculación de semillas de sorgo azucarado con la cepa *A. brasilense* Az39, aumenta la emergencia de plántulas y promueve el crecimiento y desarrollo tanto de la parte aérea como del sistema radicular a partir de los 42 DPI. Este efecto promotor del crecimiento, estuvo asociado a la presencia de la cepa Az39 colonizando el suelo rizosférico y casi todos los tejidos de las plántulas, tanto de manera endofítica como superficial.

3.2 *Peso seco de hoja*

El análisis de comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$), no reveló diferencia estadística significativa entre los tratamientos evaluados en cuanto al peso fresco de la raíz (Cuadro 7). En el muestreo 3 no se obtuvo diferencia significativa entre tratamientos, las medias se presentaron en un rango de 0.43 a 0.45 g. Los muestreos 1, 2, 4 y 5, mostraron diferencia estadística; en los tratamientos 1 (S+T+10ddT), 2 (S+T+20ddT) y 3 (S+T+30ddT), el muestreo 1 se encontró un valor medio de 0.45 g, mayor que los demás tratamientos, 4, 5 y 6 (testigo), que presentaron 0.27 g en peso fresco. En los muestreos 2, 4, y 5 el T4 (Solución Steiner 50%), el que presentó los mejores valores medios (0.19 g, 1.86 g, 2.63 g, respectivamente). En cuanto a porcentaje, el peso seco de hoja, el T4

Tabla 6. Peso fresco de hoja de plantas de acelga tras diferentes tratamientos de coinoculación a semilla, al trasplante, a 10, 20, 30 días después del trasplante, y con fertilización inorgánica.

Tratamientos	Peso fresco de la hoja (g)									
	Muestreos (semanas después del trasplante)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
S+T+10ddT	0.45	A	2.29	BC	8	A	8.97	BC	16.67	BC
S+T+20ddT	0.45	A	2.80	AB	7.13	AB	14.56	A	19.73	B
S+T+30ddT	0.45	A	2.39	BC	8.54	A	12.24	AB	16.75	BC
Steiner	0.27	B	3.39	AB	8.4	A	16.04	A	25.99	A
Steiner –NP	0.27	B	1.53	D	7.53	AB	10.45	BC	14.95	C
Testigo	0.27	B	1.70	CD	4.92	B	6.82	C	9.92	D

(2.63 g), fue 1.6 %, seguido por T3 (1.94 g), con 1.08 % mayores que el testigo, Adriano-Anaya et al. (2011), en plántulas de café orgánico inoculadas, tras 4 muestreos con intervalos de 28 días, encontraron que, con el tratamiento de tres inoculantes, *Glomus intraradices* Schenck y Smith, cepas PACHAZ08 de *Azotobacter* y 11B de *Azospirillum*, incrementaron significativamente el peso seco de raíz y hojas, 41.3% y 17.3%, respectivamente, valores más altos con el efecto de tres inoculantes.

3.3 Área foliar

El análisis de comparación de medias de Tukey ($P \geq 0.05$), encontró diferencias significativas entre los tratamientos evaluados en cuanto al área foliar (Cuadro 8). En el muestreo 3 no se observan diferencias significativas entre tratamientos; los valores medios se presentaron en un rango de 143.57 mm² a 156.92 mm². En el muestreo 1, los valores de medias más altos se presentaron en los tratamientos 1 (S+T+10ddT), 2 (S+T+20ddT) y 3 (S+T+30ddT) con un valor de 15.20 mm² en ambos casos. La diferencia significativa se vio mayormente marcada en los muestreos 2, 4 y 5, donde el tratamiento 4 (Solución Steiner 50%), mostró los valores medios más altos en los muestreos 2 y 5 con 78.05 mm² y 631.4 mm², respectivamente; en tanto que, en el muestreo 4, fueron los tratamientos 2 (S+T+20 ddT) y 4 (Solución Steiner 50%), que presentaron los mejores valores medios (349.09 mm² y 402.54 mm², respectivamente). El T4 (631.4 mm²), seguido por T1(445.43 mm²), T3 (440.19 mm²) y T2 (428.55 mm²), resultaron ser 16.5 %, 7.8 %, 7.6 % y 7.2 %, arriba del testigo, respectivamente. Es importante mencionar, que, en la mayoría de los muestreos realizados, el tratamiento 4 (Solución Steiner 50%) fue el que promovió una mayor formación del área foliar y el tratamiento 6 (Testigo), mostró los valores más bajos en un rango de 10.45 mm² a 249.71 mm², resultados que fueron superiores al testigo, aunque el tratamiento perteneciente a la solución mineral Steiner superó a los demás tratamientos en los últimos dos muestreos. Uribe y Dzib (2006), reportaron que la coinoculación de micorrizas con *Azospirillum* en un cultivo de maíz, aumentaron el área foliar hasta 400 mm². Estas respuestas en área foliar, son consecuencia de un aumento en el crecimiento y desarrollo de las plantas de acelga, debido a los mecanismos de promoción de crecimiento por los microorganismos, debido a la producción de sustancias reguladoras de crecimiento, inhibición de patógenos, fijación de nitrógeno y solubilización de fósforo (Pérez-Moncada et al., 2015). En la mayoría de los muestreos realizados el tratamiento 4 (Solución Steiner 50%) fue el que promovió una mayor formación del área foliar y el testigo (T6), mostró los valores más bajos, en un rango de 10.45 mm² a 249.71 mm². En crecimiento final, T4 (631.4 mm²), seguido por T1 (445.43 mm²), T3 (440.19 mm²) y T2 (428.55 mm²), fueron 16.5 %, 7.8 %, 7.6 % y 7.2 %, mayores al testigo (249.71 mm²), respectivamente. Sotelo et al. (2012), indican que la fertilización química genera los mejores resultados debido a que brinda nitrógeno inorgánico, el cual es de fácil disponibilidad para la planta, mientras que el nitrógeno orgánico fijado por los microorganismos debe ser mineralizado en un proceso de amonificación, para ser asimilado por la planta. Uribe y Dzib (2006), reportaron que la coinoculación de micorrizas con *Azospirillum* en un cultivo de maíz. En el cuadro 8 se muestran los resultados obtenidos en el presente estudio. La solución mineral Steiner superó a los demás tratamientos en los últimos dos muestreos; Lira-Saldívar et al. (2014), encontraron valores similares en tomate cherry, en el cual las plantas inoculadas mostraron valores menores a las plantas con fertilización inorgánica. Los resultados encontrados en aquél estudio, podrían ser de relevancia para también evaluar rendimiento de la acelga, al ser la hoja el órgano comercialmente útil de la planta.

Tabla 7. Peso seco de hoja de plantas de acelga tras diferentes tratamientos de coinoculación a semilla, al trasplante, a 10, 20, y 30 días después del trasplante, y con fertilización inorgánica.

Tratamientos	Peso seco de la hoja (g)									
	Muestreos (semanas después del trasplante)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
S+T+10ddT	0.04	A	0.12	AB	0.56	A	0.79	BC	1.52	C
S+T+20ddT	0.04	A	0.15	AB	0.57	A	0.73	C	1.85	BC
S+T+30ddT	0.04	A	0.14	AB	0.49	A	1.04	B	1.94	B
Steiner	0.03	B	0.19	A	0.64	A	1.86	A	2.63	A

Steiner –NP	0.03	B	0.09	B	0.48	A	1.03	B	1.64	BC
Testigo	0.03	B	0.13	AB	0.43	A	0.58	C	1.01	D

Tabla 8. Área folia de plantas de acelga tras diferentes tratamientos de coinoculación a semilla, al trasplante, a 10, 20, 30 días después del trasplante, y con fertilización inorgánica.

Tratamientos	Área Foliar (mm ²)								
	Muestréos (semanas después del trasplante)								
	1	2	3	4	5				
S+T+10ddT	15.20	A 55.78	B 156.92	A 212.80	BC 445.43				B
S+T+20ddT	15.20	A 60.73	B 135.77	A 349.09	A 428.45				B
S+T+30ddT	15.20	A 46.06	C 143.96	A 312.16	AB 440.19				B
Steiner	10.54	B 78.05	A 150.57	A 402.54	A 631.4				A
Steiner –NP	10.54	B 43.37	C 149.29	A 214.52	BC 368.67				B
Testigo	10.54	B 34.26	D 143.57	A 206.11	C 249.71				C

4. CONCLUSIÓN

La asociación de la bacteria *Azospirillum brasilense* y el hongo micorrízico arbuscular *Glomus intraradices* (coinoculación) y la solución Steiner completa al 50%, aumentaron el peso fresco de raíz, tallo y hoja del cultivo de acelga evaluado en esta investigación; en tres de los cinco muestreos estos tratamientos impactaron positivamente en el área foliar, la fertilización Steiner completa al 50 %, tuvo mayor efecto positivo en las hojas, que en raíz y tallo. La hoja es la parte comercialmente útil del cultivo de acelga, por lo cual se considera a la coinoculación una buena opción amigable con el medio ambiente, para incrementar el crecimiento y rendimiento de la planta.

Declaración de conflictos de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de interés.

Contribución de autoría

Conceptualización, Silvia Yudith Martínez Amador; investigación, Silvia Yudith Martínez Amador, Sahara Cristina Navarrete Andrade, Brenda Verónica Borrego Limón; revisión del manuscrito y Edición, José Antonio Rodríguez de la Garza, Laura María González Méndez, Alonso Méndez López; análisis formal, José Antonio Rodríguez de la Garza, Pedro Pérez Rodríguez, Miguel Ángel Pérez Rodríguez; adquisición de fondos, Silvia Yudith Martínez Amador.

Agradecimientos

A la Dirección de Investigación de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por el apoyo financiero al proyecto con clave 2310, referente a la evaluación del biofertilizante con microorganismos benéficos, como promotores del crecimiento en el cultivo de acelga.



Literatura Citada

- Adame-García, J., Murillo-Cuevas, F.D., Cabrera-Mireles, H., Villegas-Narváez, J., Rivera-Meza, A.E., & 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>
- Adriano- Anaya, M. D. L., Jarquín- Gálvez, R., Hernández- Ramos, C., Figueroa, M. S., & Monreal- Vargas, C. T. (2011). Biofertilización de café orgánico en etapa de vivero en Chiapas, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 2(3), 417-431. <https://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v2n3/v2n3a9.pdf>
- Aguirre, M.J., & Espinosa, M.J. (2016). Crecimiento y rendimiento de *Capsicum annum* L. inoculado con endomicorriza y rizobacterias. *Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas*. 7(7): 1539-1550. [2007-0934-remexca-7-07-1539-en.pdf](https://doi.org/10.29354/remexca-7-07-1539-en.pdf)
- Aguirre-Medina, J. F., Mendoza-López, A., Cadena-Iñiguez, J., & Avendaño-Arrazate, C. H. (2007). Efecto de la biofertilización en vivero del cacao (*Theobroma cacao* L) con *Azospirillum brasilense* Tarrand, Krieg et döbereiner y *Glomus intraradices* Schenk et Smith. *Interciencia*, 32(8),541-546. [.http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442007000800010&lng=es&tlng=es](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442007000800010&lng=es&tlng=es)
- Aguirre-Medina, J.F., Moroyoqui-Ovilla, D.M., Mendoza-López, A., Cadena-Iñiguez, J., Avendaño-Arrazate, C.H., & Aguirre-Cadena, J.F. (2011). Hongo endomicorrízico y bacteria fijadora de nitrógeno inoculadas a *Coffea arabica* en vivero. *Agronomía Mesoamericana*,22(1),71-80. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1659-13212011000100009
- Aguirre-Medina, J. F., Culebro-Cifuentes, F.; Cadena-Iñiguez, J., & Aguirre-Cadena, J. F. (2014). Crecimiento de *Tabebuia donnell-smithii* Rose, inoculada con hongos micorrízicos y *Azospirillum brasilense*. *Agrociencia*, 48 (3), 331-345. <https://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v48n3/v48n3a8.pdf>
- 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. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6418363> .
- Ahmad, M., Zahir, A. Z., Javid, A, & Ashraf, M. 2013. The role of mycorrhizae and plant promoting rhizobacteria (PGPR) in improving crop productivity under stressful environment. *Biotechnology Advances*, 32(2),429-448. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biotechadv.2013.12.005>
- Bashan, Y., & Hartmann, A. (2009). Ecology and application of *Azospirillum* and other plant growth promoting bacteria (PGPB). *European Journal of Soil Biology*, 45(1), 1-122. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20093028756>
- Canchignia-Martínez, H. F., Macías-Holguin, C. J., Tapia-Quintana, D. N., Manzo-Campos, T., Saltos-Avilés, J., & Vera-Benites, L. F. (2025). Bacterias productoras de ácido Indol-3-acético y solubilizadoras de fósforo y potasio como promotoras de crecimiento en *Oryza sativa* L. *Terra Latinoamericana*, 43. 1-13. <https://doi.org/10.28940/terra.v43i.196>
- Castillo-Aguilar, C. (2018). Evaluación de cepas de rizobacterias en la producción de plántulas de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.). *Agro Productividad*, 10(12). <https://mail.revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/49>
- Di Rienzo, J.A., Robledo, C.W., Casanoves, F, & Balzanini, M. (2018). INFOSTAT Versión Beta. Manual de Usuario. Córdoba, Argentina. <https://www.researchgate.net/publication/283569416>
- Díaz- Vargas, P., Ferrara- Cerrato, R., Almaraz- Suárez, J.J., & Alcántar- González, G. (2001). Inoculación de Bacterias promotoras de crecimiento en lechuga. *Terra Latinoamericana*, 19(4), 327-335. <https://www.redalyc.org/pdf/573/57319405.pdf>
- Florez-Jalixto, M. Roldán-Acero , Omote-Sibina , D. J. R. & Molleda-Ordoñez, A. . (2021). Biofertilizantes y bioestimulantes para uso agrícola y acuícola: bioprocesos aplicados a subproductos orgánicos de la industria pesquera. *Scientia Agropecuaria*, 12(4), 635-651. <http://revistas.unitru.edu.pe/index.php/scientiaagrop>
- Gamboa-Angulo, J., Ruíz-Sánchez, E., Alvarado-López, C., Gutiérrez-Miceli, F., Ruíz-Valdiviezo, V. M., & Medina-Dzul, K. (2020). Efecto de biofertilizantes microbianos en las características agronómicas de la planta y calidad del fruto del chile xcat'ik (*Capsicum annum* L.). *Terra Latinoamericana*, 38(4), 817-826. <https://doi.org/10.28940/terra.v38i4.716>
- García, F., Muñoz, H., Carreño, C y Mendoza, G. 2010. Caracterización de cepas nativas de *Azospirillum* spp. y su efecto en el desarrollo de *Oryza sativa* L. *Scientia Agropecuaria* .1(2010): 107-116. [19-Texto del artículo-83-1-10-20130507\(1\).pdf](https://doi.org/10.20130507(1).pdf)



- García-Olivares, J. G., Moreno-Medina, V. R., Rodríguez-Luna, I. C., Mendoza-Herrera, A., & Mayek-Pérez, N. (2006). Biofertilización con *Azospirillum brasilense* en sorgo, en el norte de México. *Agricultura técnica en México*, 32(2), 135-141. <https://www.scielo.org.mx/pdf/agritm/v32n2/v32n2a1.pdf>
- García-Olivares, J. G., Moreno-Medina, V. R., Rodríguez-Luna, I. C., Mendoza-Herrera, A., & Mayek-Pérez, N. (2007). Efecto de cepas de *Azospirillum brasilense* en el crecimiento y rendimiento de grano del maíz. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 30(3), 305-310. <https://www.redalyc.org/pdf/610/61003013.pdf>
- García-Olivares, J.G., Mendoza-Herrera, A., & Mayek-Pérez, N. (2012). Efecto de *Azospirillum brasilense* en el rendimiento del maíz en el norte de Tamaulipas, México. *Universidad y ciencia*, 28(1), 79-84. <https://www.scielo.org.mx/pdf/uc/v28n1/v28n1a8.pdf>
- González-Mancilla, A., Almaráz-Suárez, J. J., Ferrera-Cerrato, R., Rodríguez-Guzmán, M., Taboada-Gaytán, O. R., Trinidad-Santos, A., Alarcón, A., & Arteaga-Garibay, R. (2017). Caracterización y selección de rizobacterias promotoras de crecimiento en plántulas de chile poblano (*Capsicum annuum* L.). *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 33, 463-474. doi: <http://dx.doi.org/10.20937/rica.2017.33.03.09>.
- Grellet-Naval, N., Vera, L., Leggio-Neme, F., Fernández-González, P., Sánchez-Ducca, A., Fernández de Ullivarri, J., Romero, E.R. & Tortora, M.L. (2017). Evaluación de la cepa *Azospirillum brasilense* Az39 como biofertilizante para el cultivo de sorgo azucarado. *Revista Industrial y Agrícola de Tucumán*, 94 (1), 31-39. <http://www.scielo.org.ar/pdf/riat/v94n1/v94n1a04.pdf>
- Guo, H., Zhou, H., Zhuang, J., & Wuang, X. (2022). Effects of arbuscular mycorrhizal fungi on wheat physiological characteristics and rhizosphere soil enzyme activities under cadmium stress. *Journal of Henan Agricultural Sciences*, 51(8), 20. DOI: 10.15933/j.cnki.1004-3268.2022.08.003
- Hernández, W., & Salas, E. (2009). La inoculación con *Glomus fasciculatum* en el crecimiento de cuatro especies forestales en vivero y campo. *Agronomía costarricense*, 33(1), 17-30. <https://www.redalyc.org/pdf/436/43612054003.pdf>
- Huanaco, B. T. R., Quispe-Medina, E. R., Morote, C. G. B., Quispe-Tenorio, J. A., Mantari, J. V., Campos, O. P., ... & Quiliano, D. C. M. (2025). Efectos sinérgicos de bioinoculantes microbianos en el desarrollo radicular de variedades de maíz morado (*Zea mays* L.). *Revista de Investigación y Agroproducción Sustentable*, 6(22), 59-88. DOI: 10.25127/agrops.20252.1088
- Lira-Saldívar R.H., Hernández A., Valdez, L.A., Cárdenas, A., Ibarra, L., Hernández, M., & Ruiz, N. (2014). *Azospirillum brasilense* and *Glomus intraradices* co-inoculation stimulates growth and yield of cherry tomato under shadehouse conditions. *Phyton*, 83:133-138. <https://www.scielo.org.ar/pdf/phyton/v83n1/v83n1a17.pdf>
- Mamani De Marchese, A., & Filippone, M.P. (2018). Bioinsumos: componentes claves de una agricultura sostenible. *Revista agronómica del noroeste argentino*, 38 (1), 9-21. <http://www.scielo.org.ar/pdf/ranar/v38n1/v38n1a01.pdf>
- Mendoza-Villarreal, R., Hernández-Florentino, A., Ramírez, H., & Quezada-Martín, M. R. (2014). Influencia de *Azospirillum* sobre la morfología y rendimiento en pimiento morrón. *Agraria*, 11 (1), 1-9. <https://revista.uaaan.edu.mx/wp-content/uploads/2021/10/2014-1.pdf>
- Mora-Quilismal, S. R., Cuaical-Galárraga, E. T., García-Bolívar, J., Revelo-Ruales, V. W., Puetate-Mejía, L. M., Aguila-Alcantara, E., & Ruiz-Sánchez, M. (2021). Biofertilization with phosphorus solubilizing bacteria and arbuscular mycorrhizal fungi in potato culture. *Cultivos Tropicales*, 42 (2), http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v42n2/en_1819-4087-ctr-42-02-e02.pdf
- Pérez, J., & Casas, M. (2005). estudio de la interacción planta-*Azospirillum* en el cultivo *in vitro* de caña de azúcar (*Saccharum* sp.). *Cultivos tropicales*, 26(4), 13-19. [nadia.ct26405a\(1\).pdf](http://nadia.ct26405a(1).pdf)
- Pérez Moncada, U. A., Ramírez Gómez, M. M., Zapata Narváez, Y. A., & Córdoba Sánchez, J. M. (2015). Efecto de la inoculación simple y combinada con Hongos Formadores de Micorriza Arbuscular (HFMA) y Rizobacterias Promotoras de Crecimiento Vegetal (BPCV) en plántulas micropropagadas de mora (*Rubus glaucus* L.). *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 16(1), 95-103. [cielo.org.co/scielo.php?pid=S0122-87062015000100009&script=sci_arttext](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0122-87062015000100009&script=sci_arttext)
- Pylac, M., Oszust, K., & Frąç, M. (2019). Review report on the role of bioproducts, biopreparations, biostimulants and microbial inoculants in organic production of fruit. *Reviews on Environmental Science and Biotechnology*, 18, 597-616. <https://doi.org/10.1007/s11157-019-09500-5>.
- Shahzad, M., Hayat, R., Mujtaba, G., Rehman, W. U., & Nadeem, M. (2025). Biofertilizers in sustainable agriculture: mechanisms, applications, and future prospects. *Discover Agriculture*, 3(1), 224. <https://link.springer.com/article/10.1007/s44279-025-00318-0>



- Selvaraj, A., & Thangavel, K. (2022). Effect of *Glomus intraradices* spore abundance of the inoculum on percent mycorrhizal colonization and growth of *Vigna mungo* (L.) Hepper. *PlantScienceToday*, 9(4),829-836. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biotechadv.2013.12.005>
- Sotelo, L.I., Jiménez, J.A., Tarsicio, A., & Cueto, M.C. (2012). Efecto de inoculación de microorganismos en crecimiento de rábano. *Biocnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 10(1), 21-31. <https://www.researchgate.net/profile/Javier-Jimenez-F/publication/292985207>
- Steiner, A. A. (1961). A universal method for preparing nutrient solutions of a certain desired composition, *Plant and Soil*, 15(2), 134-154. Recuperado el 11 de Junio del 2019, de <https://link.springer.com/article/10.1007/BF01347224>
- Uribe-Valle, G.U., & Dzib-Echeverría, R. (2006). Micorriza arbuscular (*Glomus intraradices*), *Azospirillum brasilense* y *Brassino esteroide* en la producción de maíz en suelo Luvisol. *Agricultura Técnica de México*, 32 (1),67-76. <https://www.scielo.org.mx/pdf/agritm/v32n1/v32n1a7.pdf>
- Velasco, V.J., Ferrera, C.R., & Almaraz, S.J.J. (2001). Vermicomposta, micorriza arbuscular y *Azospirillum brasilense* en tomate de cascara. *Terra*, 19(3),241-248. <https://www.redalyc.org/pdf/573/57319305.pdf>

Aviso legal/Nota del editor: Las declaraciones, opiniones y datos contenidos en todas las publicaciones son exclusivamente de los autores y colaboradores, y no de Universitas agri ni de sus editores. Universitas agri y sus editores no se responsabilizan de ningún daño a personas o bienes que resulte de las ideas, métodos, instrucciones o productos mencionados en el contenido.