

## Original

### **Efecto agronómico y económico de tres cepas nativas de actinomicetos en la producción de plántulas de tomate**

**Agricultural and economic effect of three native actinomycetes strains on tomato plantlets production**

Dr. C. Alejandro Alarcón Zayas, Profesor Titular, Departamento de Química, Facultad de Educación Media, Universidad de Granma, Cuba, [aalarconz@udg.co.cu](mailto:aalarconz@udg.co.cu)

M. Sc. María Antonia Salas González, Máster en Química-Biológica, Banco de Sangre MINSAP, Manzanillo, Granma, Cuba.

M. Sc. Roberto Alfonso Viltres Rodríguez, Máster en Ciencias Químicas, Profesor Auxiliar, Departamento de Química, Facultad de Educación Media, Universidad de Granma, Cuba, [rviltresr@udg.co.cu](mailto:rviltresr@udg.co.cu)

Recibido: 24/2/2019 Aceptado: 23/10/2019

### **Resumen**

El presente trabajo investigativo se desarrolló en condiciones de semillero en el período comprendido del 12 septiembre al 7 de octubre del 2017 en el Huerto Intensivo “El Gigante” del municipio de Manzanillo, provincia de Granma, con el objetivo de determinar el efecto de tres cepas nativas de actinomicetos (A5M4, A18M7 y A23M12) en indicadores del crecimiento (grosor del tallo, longitud de la raíz, altura y peso seco promedio de la plántula) y la calidad de plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) cv. “Vyta” en un suelo de tipo Cambisol. Se empleó un diseño de bloques al azar con cuatro tratamientos y tres réplicas, sometiéndose los datos obtenidos a un análisis de varianza y comparación múltiple de medias por la prueba paramétrica de Tukey ( $p < 0,05$ ). Los resultados obtenidos permitieron corroborar la capacidad biofertilizante de las cepas nativas de actinomicetos inoculadas en los indicadores del crecimiento evaluados, destacándose con los mejores resultados el tratamiento con la cepa A23M12. La inoculación de actinomicetos promovió la obtención de plántulas de tomate más vigorosas y saludables en menor tiempo de exposición de las semillas en el semillero y con el uso de este bioproducto se logró un elevado efecto económico en este cultivo, ya que se

redujeron los costos de producción, se incrementaron los índices de ganancia y se incrementó la relación beneficio/costo.

**Palabras claves:** actinomicetos; plántulas; capacidad biofertilizante; semillero

### **Abstract**

The present research was carried out under seedling conditions from 12<sup>th</sup> September to 7<sup>th</sup> October/2017 in Intensive Orchard “El Gigante” belonging to municipality of Manzanillo, Granma province aiming to determine the effect of three native actinomycetes strains (A5M4, A18M7 y A23M12) on the growth indicators: (stem thickness, root length, plantlets height and plantlets average dry weight) and tomato plantlets quality (*Solanum lycopersicum* L.) cv. “Vyta” in a Cambisol soil. A randomized block design with four treatments and three replications was employed. The data were analyzed by an analysis of variance and comparison of means by parametric Tukey's test ( $p < 0,05$ ). The obtained results showed the biofertilizing effect of the inoculated native actinomycetes strains on the studied growth indicators, highlighting the strain A23M12 with the best results. The actinomycetes inoculation promoted the obtained tomato plantlets more vigorous and healthy in a short time of the seeds under seedlings condition. In additions, the use of this bioproduct achieved a higher economical effect in the crop, since, the production costs were reduced and the profits and rentability indexes were increased as well as the profit/costs relation.

**Key words:** actinomycetes; plantlets; biofertilizing effect; seedlings

### **Introducción**

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.), es la hortaliza más difundida en todo el mundo y la de mayor valor económico, siendo China, EE.UU y Turquía los mayores productores (FAO, 2017).

El éxito de una explotación comercial de tomate depende, en gran parte, del cuidado que se preste a los semilleros, lo cual permite la obtención de plántulas uniformes, en buen estado de desarrollo y sin problemas fitosanitarios, factores que inciden en una mayor resistencia al rigor del trasplante y un mayor porcentaje de supervivencia en el campo (Gómez *et al.*, 2010).

El desarrollo óptimo de los cultivos demanda de una elevada aplicación de fertilizantes minerales y pesticidas. Sin embargo, se ha comprobado científicamente que el uso indiscriminado de estos insumos químicos implica no solo un costo elevado, sino que con su aporte se contamina el suelo, se reduce la biodiversidad, aumentan los riesgos de salinización,

disminuyen considerablemente las reservas energéticas del suelo y se contaminan las aguas superficiales y subterráneas (Reyes y Cortéz, 2017).

Una alternativa ecológica y económicamente viable al uso de fertilizantes y pesticidas, es la utilización de rizobacterias promotoras del crecimiento y desarrollo vegetal (Ruzzi y Aroca, 2015; Le *et al.*, 2018).

En la actualidad en la agricultura cubana y mundial se han empleado un gran número de microorganismos rizosféricos como agentes mejoradores del crecimiento de diferentes especies vegetales, entre los que se destacan las bacterias promotoras del crecimiento: *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Azospirillum*, *Azotobacter* y *Actinomicetos* (Le *et al.*, 2018; Baba *et al.*, 2018).

Los actinomicetos están considerados como organismos promotores del crecimiento vegetal (OPCV), debido a que median una serie de mecanismos favorables para las plantas que pueden ser directos o indirectos tales como: fijación biológica de nitrógeno, solubilización de iones fosfato, producción de quelantes de hierro (sideróforos), fitohormonas y antibióticos, entre otros (Ghorbani-Nasrabadi *et al.*, 2013; Zhang *et al.*, 2013).

Teniendo en cuenta las potencialidades del uso de los microorganismos como organismos promotores del crecimiento vegetal (OPCV) y la importancia de la obtención de plántulas de tomate de alta calidad para la fase de trasplante en campo, se plantea Determinar el efecto agronómico y económico de tres cepas nativas de actinomicetos en la producción de plántulas de tomate.

### **Población y Muestra**

El experimento se llevó a cabo en el período comprendido del 12 septiembre al 7 de octubre del 2017 en el Huerto Intensivo “El Gigante” del municipio de Manzanillo, provincia de Granma, donde se evaluó el efecto biofertilizante de tres cepas nativas de actinomicetos (A5M4, A18M7 y A23M12), sobre indicadores del crecimiento de plántulas de tomate en condiciones de semillero. Se utilizó además, un tratamiento control (sin inoculación de actinomicetos) para un total de cuatro tratamientos, los cuales se ubicaron en un diseño de bloques al azar con cinco réplicas, empleándose un suelo de tipo Cambisol, descrito, caracterizado y ubicado de acuerdo con la última metodología y versión de clasificación Genética de los suelos de Cuba (Hernández *et al.*, 2015) y cuyas características físico-químicas se presentan en la Tabla I.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

El análisis textural de este suelo indica, que la fracción que se encuentra en mayor proporción es la arcilla con un 40,25 % y la de menor cuantía es la arena con un 29,67 % (7,22 arena gruesa y 22,45 % de arena fina), por lo que el sustrato presenta una elevada plasticidad, alta capacidad de retención de agua, mal drenaje interno y baja capacidad de infiltración.

**Tabla I. Características físico-químicas del suelo Cambisol**

Prof. (cm)	pH (H <sub>2</sub> O)	P-asim. (mg.kg <sup>-1</sup> )	MO (%)	Cationes cambiabiles (cmol.kg <sup>-1</sup> )				CCB (cmol.kg <sup>-1</sup> )
				Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	
0-30	7,8	10,2	3,42	0,52	0,86	3,41	41,66	46,45
Prof. (cm)	Arena Gruesa (%)		Arena Fina (%)		Limo (%)		Arcilla (%)	
0-30	7,22		22,45		30,08		40,25	

Los datos de las variables climáticas fueron tomados de la Estación Agrometeorológica de Manzanillo, provincia de Granma, donde la temperatura promedio fue de 27 °C, siendo octubre el mes más lluvioso con 261,1 mm y la humedad relativa en esta época se mantuvo en un rango de 81,6 %.

Se utilizó la variedad de tomate “Vyta” con un 96 % de germinación, de crecimiento determinado, resistente a plagas y a enfermedades y de muy buenos rendimientos agrícolas (Gómez *et al.*, 2010).

Para la producción de plántulas de tomate, se seleccionaron las semillas, sin deshidratación, daños mecánicos y síntomas de enfermedades fúngicas o bacterianas, las cuales fueron previamente desinfectadas con una solución de NaClO al 5 % durante 5 minutos y se sembraron en un semillero de 25,8 m<sup>2</sup>, compuesto por 5 canteros de 4,30 m<sup>2</sup> (4,30 m de largo y 1m de ancho), a razón de 2,3 g m<sup>-2</sup> (aproximadamente 340 semillas m<sup>-2</sup>), a una profundidad de 1,5 cm en un sustrato constituido por suelo-materia orgánica (estiércol ovino) en proporción 1:1 (v:v), el cual se caracterizó por presentar un pH débilmente alcalino (7,6), un contenido medio de materia seca (58,8%), una buena relación C/N (12,2) y una buena proporción de macro y microelementos.

Se emplearon tres cepas nativas de actinomicetos (A5M4, A18M7 y A23M12), las que previamente se reprodujeron utilizando 200 mL del medio de cultivo, Caldo Caseína-Almidón (CCA) y se incubaron a 150 rpm, a una temperatura de 28 °C por 7 días. Una vez culminado el

tiempo de incubación, se recuperaron los sobrenadantes de cada cepa mediante centrifugación a 4000 rpm por 60 minutos a 4 °C necesarios para la elaboración del segundo inoculante, el cual se inoculó en placas de Agar-Caseína-Almidón (ACA) con las mismas cepas y se incubaron bajo las mismas condiciones experimentales, y una vez transcurrido el tiempo indicado, se colectaron las esporas con un hisopo estéril y se preparó una suspensión de estas ajustando la concentración al patrón 0,5 de McFarland.

El primer inoculante (sobrenadante) con un título de  $4,8 \times 10^2$  UFC.mL<sup>-1</sup> se aplicó directamente al suelo en el momento de la siembra de las semillas a razón de 800 mL.m<sup>-2</sup>, mientras el segundo (suspensión de 230 esporas) se empleó en una dosis de 400 mL.m<sup>-2</sup> a los 5 días después de emergencia de las plántulas, ambos inoculantes se conservaron en frío hasta el momento de su uso.

A los 22 días de sembrado el semillero, se seleccionaron y tomaron al azar 10 plántulas por tratamiento y se evaluaron los siguientes indicadores del crecimiento y desarrollo vegetal:

1. Longitud de la raíz. Se determinó mediante su medición con una regla milimetrada y se expresó en centímetros (cm)
2. Grosor del tallo. Se cuantificó usando un pie de Rey se expresó en milímetros (mm).
3. Altura de la plántula. Se determinó empleando una cinta métrica y se expresó en centímetros (cm).
4. Peso seco promedio de la plántula. Se evaluó mediante el pesaje de todos los órganos de la plántula, empleando una balanza eléctrica digital monoplato (modelo 11-DO629) con precisión de 0,3 mg y se expresó en gramos (g)

A todos los datos obtenidos se les verificó la normalidad por la prueba estadística de Kolmogorov-Smirnov y la homogeneidad de varianza por la prueba de Bartlett y se procesaron estadísticamente mediante un análisis de varianza y comparación de medias por la prueba paramétrica de Tukey a una probabilidad de error al 5 % ( $p \leq 0,05$ ), empleando el paquete estadístico "Statística" para Windows, versión 7,0.

La valoración económica de los resultados se realizó según la metodología propuesta por Alarcón *et al.* (2001), evaluando los siguientes indicadores:

- Valor de venta ( $\$.m^{-2}$ ): Precio de venta de las posturas, multiplicado por el número de posturas producidas equivalente a un metro cuadrado de semillero.
- Costo de producción ( $\$.m^{-2}$ ): Gastos incurridos para la producción de un metro cuadrado de semillero.

- Beneficio ( $\$.m^{-2}$ ): Ganancia neta obtenida por diferencia entre el valor de venta de las plántulas y los costos de producción.
- Relación Beneficio/Costo: Cociente obtenido de dividir el beneficio entre el costo de producción.

### **Análisis de los resultados**

La inoculación de cepas nativas de actinomicetos favoreció notablemente los indicadores del crecimiento de plántulas de tomate (grosor del tallo, longitud de la raíz, altura promedio y peso seco promedio de las plántulas), al lograrse incrementos significativos de estas variables, en comparación con las plántulas controles (sin inoculación) (Tabla 1).

Las mayores medias se alcanzaron con la inoculación de la cepa, A23M12 con valores de 4,94 mm de grosor del tallo; 16,22 cm de longitud de la raíz principal; 19,16 cm de altura promedio y 11,86 g de peso seco promedio de la plántula. Esta cepa mostró diferencias significativas con respecto al resto de las especies inoculadas (A5M4 y A18M7) y los valores más bajos se lograron el control (sin inoculación).

Apartir de estos resultados se demuestra la importancia de la inoculación de cepas nativas de actinomicetos para mejorar el crecimiento e incrementar la calidad y la supervivencia de las plántulas en condiciones de semilleros.

**Tabla 1. Efecto de la inoculación de cepas de actinomicetos en indicadores del crecimiento de plántulas de tomate.**

No	Tratamientos	Grosor del tallo (mm)	Longitud de la raíz (cm)	Altura promedio de la plántula (cm)	Peso seco promedio de la plántula (g)
To	Control (-A)	4,20 ± 0,16 <sup>c</sup>	10,92 ± 0,41 <sup>d</sup>	14,64 ± 0,65 <sup>d</sup>	6,28 ± 0,70 <sup>d</sup>
T1	A5M4	4,56 ± 0,05 <sup>b</sup>	12,74 ± 0,36 <sup>c</sup>	16,86 ± 0,59 <sup>c</sup>	8,20 ± 0,51 <sup>c</sup>
T2	A18M7	4,74 ± 0,05 <sup>ab</sup>	13,86 ± 0,65 <sup>b</sup>	17,98 ± 0,29 <sup>b</sup>	10,04 ± 0,57 <sup>b</sup>
T3	A23M12	4,94 ± 0,11 <sup>a</sup>	16,22 ± 0,85 <sup>a</sup>	19,16 ± 0,38 <sup>a</sup>	11,86 ± 0,49 <sup>a</sup>
	CV (%)	6,4078	15,2240	11,8025	24,1377
	ESx	0,0660	0,4573	0,4474	0,4909

**Medias ± ES con letras iguales en la misma columna no difieren significativamente para la prueba de Tukey (p<0,05).**

Las diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos inoculados con el sobrenadante y suspensión de esporas de cepas nativas de actinomicetos respecto al tratamiento control (sin inoculación), están relacionadas con el efecto bioestimulante de este

microorganismo, que libera y produce en sus exudados metabólicos fitohormonas (auxinas, giberelinas y citoquininas), que estimulan el crecimiento y desarrollo vegetal.

Franco-Correa (2009) hace referencia al papel de los actinomicetos en el aporte de nutrientes a la planta, su efecto en la fijación de dinitrógeno, solubilización de iones fosfato e hierro, biosíntesis de aminoácidos, producción y liberación de moléculas como ácido indolacético, zeatina, ácido giberélico y ácido abscísico.

Estos productos son reportados como bioestimulantes de los diferentes procesos fisiológicos de las plantas, afectando positivamente el crecimiento y desarrollo vegetal (Zhang *et al.*, 2013).

Otros investigadores como Franco-Correa *et al.* (2010) coinciden en plantear, que los actinomicetos son bacterias productoras de giberelinas, sustancias que estimulan la producción  $\alpha$ -amilasas, enzimas esenciales en la iniciación de la germinación de las semillas. Estos resultados son muy promisorios por cuanto a mayor velocidad de germinación más rápidamente se alcanza el estado fisiológico óptimo para el trasplante de las plántulas en campo, lo cual se revierte en una mayor rentabilidad económica dado que la producción de biofertilizantes es de bajo costo.

Le *et al.* (2018), obtuvieron resultados similares a los alcanzados en este trabajo, al utilizar una solución líquida al 1% de Phylazonit MC constituido por una mezcla de cepas de *Pseudomona putida*, *Azotobacter chroococcum*, *Bacillus circulans* y *Bacillus megaterium* como inoculante en plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). Estos investigadores demostraron que la solución líquida empleada como inoculante incrementó y mejoró significativamente los indicadores del crecimiento de las plántulas en comparación con las plántulas controles (sin inoculación), lo cual atribuyen al efecto sinérgico biofertilizante y bioestimulante de estos microorganismos.

Ghorbani-Nasrabadi *et al.* (2013), afirman que algunas rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (actinomicetos) favorecen y estimulan el crecimiento vegetal mediante el suplemento enzimas solubilizadoras de iones fosfatos y producción de sideróforos.

La valoración económica de esta investigación incluye los costos y gastos de combustible, mano de obra, salarios, agua, preparación del suelo, atenciones culturales del cultivo, aplicaciones de cepas de actinomicetos y otros. La inoculación de cepas nativas de actinomicetos produjo un elevado efecto económico en la producción de plántulas de tomate de la variedad "Vyta", ya que se redujeron los costos y gastos de producción y se incrementaron el beneficio neto y la relación beneficio/costo (Tabla 2).

**Tabla 2. Valoración económica de inoculación de cepas nativas de actinomicetos en la producción de plántulas de tomate**

Tratamientos	Plántulas por m <sup>2</sup>	Valor de la producción (\$ m <sup>-2</sup> )	Costo de producción (\$ m <sup>-2</sup> )	Beneficio (\$ m <sup>-2</sup> )	Relación Beneficio/Costo
Control (-A)	301	75,25	25,8	49,45	1,92
A5M4	322	80,50	26,7	53,80	2,01
A18M7	328	82,00	26,7	55,30	2,07
A23M12	336	84,00	26,7	57,30	2,15

**A5M4 (cepa de actinomiceto 5 muestra de suelo 4), A18M7 (cepa de actinomiceto 18 muestra de suelo 7) y A23M12 (cepa de actinomiceto 23 muestra de suelo12)**

El control (-A) presentó los valores más bajos en cuanto a: valor de la producción (75,25 \$ m<sup>-2</sup>), beneficio neto (49,45 \$ m<sup>-2</sup>) y relación beneficio/costo (1,92). Los índices económicos más alto se lograron en los tratamientos donde se inocularon de forma individual las tres cepas nativas de actinomicetos, destacándose la cepa A23M12 con un valor de la producción de 84,00 \$ m<sup>-2</sup> y una relación beneficio/ costo de 2,15, lo cual evidencia la obtención de un mayor beneficio con 57,30 \$ m<sup>-2</sup>, por lo que queda claramente reflejado el efecto benéfico que ejerce de este microorganismo rizosférico en la producción de plántulas de tomates.

Se ha reportado efectos benéficos de los actinomicetos como agentes de biocontrol y promoción del crecimiento vegetal en la producción de plántulas de varios cultivos agrícolas de interés económico como: tomate, pepino, pimiento y otros (Franco-Correa, 2009; Pérez, 2012; Sreeja y Surendra-Gopal, 2013).

## **Conclusiones**

1. La inoculación de cepas nativas de actinomicetos promovió la obtención de plántulas de tomate más vigorosas y saludables en menor tiempo de exposición de las semillas en el semillero.
2. Las cepas del bioproducto aplicado produjeron efectos positivos en los indicadores del crecimiento: grosor del tallo, longitud de la raíz, altura y peso seco promedio de la plántula, destacándose con los mejores resultados la cepa A23M12.

3. La inoculación de cepas nativas de actinomicetos produjo un elevado efecto económico en el cultivo del tomate, ya que reducen los costos y gastos de producción y se acortó notablemente el tiempo de permanencia de las plántulas en el semillero.

### Recomendaciones

- Aplicar cepas nativas de actinomicetos en el momento de efectuar la siembra en los semilleros con vista a la siembra por trasplante, como forma de estimular el crecimiento y favorecer el desarrollo y el estado fitosanitario futuro de la plantación.
- Ampliar estudio acerca de la compatibilidad de estos bioproductos con otros biofertilizantes y bioestimulantes del crecimiento vegetal que se emplean en la agricultura, con especial énfasis hacia aquellos que se aplican directamente al suelo.

### Referencias Bibliográficas

1. Alarcón, Z.A., Fernández, M.F., González, R.A., Castillo, M.G., González-O.N., & Rodríguez, F.P. (2001). Evaluación económica de la aplicación de biofertilizantes en dos suelos típicos de la provincia de Granma, Cuba. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 10(3):81-86.
2. Baba, Z.A., Tahir, S., Wani, F.S., Hamid, B., Nazir, M., & Hamid, B. (2018). Impact of *Azotobacter* and inorganic fertilizers on yield attributes of tomato. *International Journal of Current Microbiology and Applied Science*, 7:3803-3809.
3. FAO (2017). Anuario estadístico de la FAO. Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/es/>. Consultado: 21 de marzo del 2019
4. Franco-Correa, M. (2009). Utilización de los actinomicetos en procesos de biofertilización. *Revista Peruana de Biología*, 16(2): 239-242.
5. Franco-Correa, M., Quintana, A.A., Duque, A.C., Suárez, A.C., Rodríguez, M.X., & Barea J.M. (2010). Evaluation of actinomycete strains for key traits related with plant growth promotion and mycorrhiza helping activities. *Applied Soil Ecology*, 45: 209-217.
6. Ghorbani-Nasrabadi R., Greiner, R., Alikhani, H.A., Hamedi, J., & Yakhchali, B. (2013). Distribution of actinomycetes in different soil ecosystems and effect of media composition on extracellular phosphatase activity. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 13(1):223-236.
7. Gómez, O., Casanova, A., Cardoza, H., Piñeiro, F., Hernández, J.C., Murguido, C., León, M., & Hernández, A. (2010). Guía Técnica para la producción del cultivo del tomate. Editora Agroecología. Biblioteca ACTAF. IIH "Liliana Dimitrova", La Habana, Cuba.

8. Hamdali, H., Moursalou, K., Tchangbedji, G., Ouhdouch, Y., & Hafidi, M. (2012). Isolation and characterization of rock phosphate solubilizing actinobacteria from a Togolese phosphate mine. *African Journal of Biotechnology*, 11(2): 312-320.
9. Hernández, J.A., Pérez, J.J.M., Bosch, I.D., & Castro, S.N. (2015). Clasificación de los suelos de Cuba. Ed. Ediciones INCA, Mayabeque, Cuba, 93 p., ISBN 978-959-7023-77-7.
10. Le, A.T., Pek, Z., Takacs, S., Nemenyi, A., & Helyes, L. (2018). The effects of plant growth promoting rhizobacteria on yield, water use efficiency and Brix degree of processing tomato. *Plant Soil Environment*, 64(11):523-529.
11. Pérez R. (2012). Inoculación de bacterias promotoras de crecimiento vegetal en pepino (*Cucumis sativus* L.). [Tesis de maestría]. Montecillo, Texcoco. México. 90 pp.
12. Reyes, G., & Cortéz, D. (2017). Intensidad en el uso de fertilizantes en América Latina y el Caribe. *Bioagro*, 29(1):45-52.
13. Ruzzi, M., & Aroca, R. (2015). Plant growth promoting rhizobacteria act as biostimulants in horticultura. *Scientia Horticulturae*, 196:124-134.
14. Sreeja, S.J., & Surendra-Gopal, K. (2013). Bio-efficacy of endophytic actinomycetes for plant growth promotion and management of bacterial wilt in tomato. *Pest Management in Horticultural Ecosystems*, 19(1):63-66
15. Zhang, W., Wei, S., Zhang, J., & Wu, W. (2013). Antibacterial activity composition of the fermentation broth of *Streptomyces djakartensis* NW35. *Molecules*, 18: 2763-2768.