

RESULTADOS PRELIMINARES DE LA INOCULACIÓN DE BACTERIAS PROMOTORAS DEL CRECIMIENTO VEGETAL EN *Agave potatorum* Zucc.

Misael Martínez Martínez^{1*}, Saúl Sánchez-Mendoza¹, Angélica Bautista-Cruz², Verónica Martínez-Gallegos²

¹NovaUniversitas. Carretera a Puerto Ángel Km. 34.5, Ocotlán de Morelos, Oaxaca. México C.P. 71513. ²Instituto Politécnico Nacional, CIIDIR-Oaxaca, Hornos 1003, Xoxocotlan, Oaxaca, México, 71230.

RESUMEN

Se determinó el efecto de la coinoculación de cuatro cepas bacterianas solubilizadoras de fosfato: *Enterobacter* sp., *Pseudomona* sp., *Acinetobacter* sp., *Bacillus* sp., y una cepa comercial de *Pseudomona putida* sobre el crecimiento y desarrollo de plántulas de *Agave potatorum* bajo condiciones de invernadero. En la primera evaluación mensual, la altura de planta (AP) y el número de hojas desplegadas (HD) no respondieron a la coinoculación bacteriana. En la segunda evaluación mensual *P. putida* mostró un incremento de 28.0% en AP con respecto al control (sin coinóculo) y la variable HD no mostró cambios significativos. En la tercera evaluación mensual *Pseudomona* sp. + *Bacillus* sp. promovió un incremento de 23% en AP con respecto al control, mientras que *Enterobacter* sp. + *Pseudomona* sp., *Pseudomona* sp. + *Acinetobacter* sp. y *P. putida* promovieron incrementos significativos para HD del 28, 26 y 24%, respectivamente. La aplicación de coinóculos bacterianos solubilizadores de fosfato hasta el tercer mes de evaluación ha promovido positivamente la AP y el HD en *A. potatorum*. Las variables de crecimiento serán evaluadas durante un total de 12 meses.

Palabras clave: *Agave potatorum*, coinóculos bacterianos solubilizadores de fosfato, crecimiento vegetal

INTRODUCCIÓN

Las bacterias promotoras del crecimiento vegetal (BPCV) son microorganismos rizosféricos que estimulan positivamente el crecimiento de la planta a través de distintos mecanismos que facilitan la disponibilidad de determinados nutrientes (como el fósforo), la fijación de nitrógeno, la síntesis de reguladores de crecimiento, la producción de sideroforos y compuestos con potencial para el control de fitopatógenos [1]. *Agave potatorum* es una de las especies silvestres de maguey que se desarrolla en suelos áridos y semiáridos poco fértiles en el estado de Oaxaca. Debido a la producción intensiva de mezcal, esta planta tiene una alta demanda, la cual se atribuye principalmente a su sabor conferido por la proporción de compuestos aromáticos volátiles. Por esta sobreexplotación, las poblaciones naturales de este maguey se ven seriamente amenazadas [2], surge entonces la necesidad de realizar más investigaciones enfocadas al manejo agrícola de esta especie vegetal. Estudios previos realizados por [3,4] reportaron que la inoculación con bacterias solubilizadoras de fosfato estimularon positivamente el crecimiento de *Agave angustifolia* Haw. e *Hilocereus undatus*. Por ello, el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la coinoculación de cuatro cepas bacterianas solubilizadoras de fosfato sobre el desarrollo y crecimiento de plántulas de *Agave potatorum* Zucc. bajo condiciones de invernadero con la finalidad de contar con elementos científicos que permitan proponer su uso como bioinoculantes para mejorar la fertilidad del suelo y con ello favorecer el rendimiento y la conservación de *A. potatorum*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron cuatro cepas bacterianas solubilizadoras de fosfato aisladas previamente de la rizósfera de *Agave angustifolia*, las cuales pertenecen a los géneros *Enterobacter* sp.;

Pseudomonas sp.; *Acinetobacter* sp. y *Bacillus* sp. Estas cepas se seleccionaron por su efecto positivo en el crecimiento de *A. angustifolia* bajo condiciones de invernadero. Para la obtención de los preinóculos bacterianos se tomó 1 ml de cada suspensión bacteriana no antagónica y se inocularon conjuntamente para formar los siguientes tratamientos: (T1) *Enterobacter* sp. + *Pseudomonas* sp.; (T2) *Pseudomonas* sp. + *Bacillus* sp.; (T3) *Pseudomonas* sp. + *Acinetobacter* sp. y de forma individual se utilizó una cepa comercial de *Pseudomonas putida* (T4). De cada pre inóculo se tomaron 5 ml y se inocularon en caldo nutritivo, se incubaron a 30 °C durante 48 h en agitación constante. El pellet obtenido por centrifugación se diluyó hasta obtener una concentración celular de 15×10^8 UFC ml⁻¹. El experimento se realizó bajo condiciones de invernadero, se utilizaron semillas de *A. potatorum* sembradas en charolas de germinación con Cosmopeat. Una vez germinadas las semillas, las plántulas crecieron bajo condiciones semicontroladas durante un mes y medio. Después de la emergencia de la primera hoja verdadera, las plántulas se sacaron de la charola y las raíces se desinfectaron durante 5 min en una solución de hipoclorito de sodio al 0.624%, para después lavarlas repetidamente con agua destilada estéril. Finalmente, las plántulas se sembraron en suelo nativo de la zona donde crece de forma silvestre *A. potatorum* en bolsas de polietileno con capacidad de 2 kg. Dos semanas después del trasplante cada plántula se inoculó con 35 ml de cada coinóculo. Cada plántula se consideró una unidad experimental, la cual se regó una vez por semana. El tiempo total para la evaluación será de 12 meses a partir del trasplante. Las variables evaluadas al inicio y al final de experimento son HD y AP. Al término del experimento se evaluará el diámetro de tallo, la biomasa radicular, la biomasa aérea fresca y seca y el contenido de sólidos solubles totales. Los tratamientos se establecieron utilizando un experimento de bloques completamente al azar con cinco repeticiones. En total se evaluaron cuatro tratamientos y un control absoluto sin inocular, con un total de 125 unidades

experimentales. Los datos se sometieron a un análisis de varianza y a una prueba de comparación múltiple de medias de Tukey ($p < 0.05$), con el programa SAS versión 9.1 [5].

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La AP y HD no mostraron cambios significativos con los tratamientos de coinoculación con respecto al control en el primer mes de evaluación (Cuadro 1). En el segundo mes de evaluación AP mostró un incremento de 28.0% con T4 con respecto al control. En el tercer mes de evaluación la variable AP presentó un incremento de 23.0% con T2 respecto al control, mientras que para HD los tratamientos T1, T3 y T4 promovieron incrementos significativos del 28, 26 y 24% respectivamente. Bautista-Cruz *et al* [3] reportaron un incremento de 35% en el HD de plantas de *A. angustifolia* inoculadas con bacterias solubilizadoras de fosfato en condiciones de invernadero. En plantas de *Hylocereus undatus* inoculadas con bacterias solubilizadoras de fosfato se encontraron incrementos del 52.4, 34.7, 23.3, 30.1% para las variables diámetro de tallo, AP, peso seco total y longitud de raíces [4]. Los resultados obtenidos en este estudio se pueden atribuir a dos factores: 1) a un aumento en la elongación y multiplicación celular debido a una mejor biodisponibilidad de nutrientes, particularmente de fósforo y nitrógeno, propiciada por la coinoculación con BPCV y, 2) a la producción de sustancias promotoras del crecimiento vegetal como auxinas, citocianinas, giberelinas y algunos compuestos volátiles por las BPCV en la zona rizosférica [6].

Cuadro 1. Valor medio (\pm error estándar) de la altura de planta (AP) y número de hojas desplegadas (HD) como respuesta a la aplicación de diferentes consorcios bacterianos solubilizadores de fosfato en plántulas de *Agave potatorum* Zucc.

Tratamiento	MM1		MM2		MM3	
	AP	HD	AP	HD	AP	HD
<i>Enterobacter</i> sp. + <i>Pseudomona</i> sp. (T1)	0.47 \pm 0.08a	1.16 \pm 0.07a	1.52 \pm 0.12ab	1.92 \pm 0.08a	2.25 \pm 0.15ab	2.56 \pm 0.10a
<i>Pseudomona</i> sp. + <i>Bacillus</i> sp. (T2)	0.53 \pm 0.06a	1.00 \pm 0.08a	1.71 \pm 0.08ab	1.92 \pm 0.08a	2.51 \pm 0.11a	2.28 \pm 0.10ab
<i>Pseudomona</i> sp. + <i>Acinetobacter</i> sp. (T3)	0.45 \pm 0.06a	1.12 \pm 0.06a	1.57 \pm 0.12ab	2.00 \pm 0.05a	2.29 \pm 0.13ab	2.52 \pm 0.11a
<i>Pseudomona putida</i> (T4)	0.49 \pm 0.06a	1.16 \pm 0.09a	1.74 \pm 0.10a	1.92 \pm 0.08a	2.47 \pm 0.11ab	2.48 \pm 0.14a
Control (sin coinoculo)	0.51 \pm 0.05a	1.28 \pm 0.09a	1.36 \pm 0.09b	1.80 \pm 0.10a	2.04 \pm 0.11b	2.00 \pm 0.12b
<i>P</i>	0.86	0.17	0.03	0.47	0.03	0.004
<i>C.V.</i>	60.82	34.52	29.95	19.84	24.44	24.18

AP, altura de planta; C.V., coeficiente de variación; HD, número de hojas desplegadas; MM, medición mensual; P, significancia de F. Medias con letras iguales por columna no son estadísticamente diferentes (Tukey, <0.05).

CONCLUSIONES

La aplicación de bacterias solubilizadoras de fosfato hasta el tercer mes de evaluación ha generado un efecto positivo en las variables AP y HD. Lo cual sugiere que los consorcios bacterianos solubilizadores de fosfato podrían ser una importante estrategia agroecológica para el manejo y conservación de *A. potatorum*.

REFERENCIAS

- [1] C. Loredo-Osti, L. López-Reyes, D. Espinosa-Victoria, 2004, Plant growth-promoting bacteria in association with graminaceous species: Terra Latinoamericana, 22: 225-239.
- [2] A. García-Mendoza, R. Galvan, 1995, Riqueza de las familias agavaceas y nolinaceae en México. Bol. Soc. Bot. 56: 7-124.
- [3] A. Bautista-Cruz, V. Martínez-Gallegos, L. Martínez-Martínez, G. Martínez-Gutiérrez, 2015, Effect of phosphate solubilizing bacteria on the growth of maguey espadín (*Agave angustifolia* Haw.). Pakistan Journal of Botany 47: 1033-1038.
- [4] A. Bautista-Cruz, Y.D. Ortiz-Hernández, V. Martínez-Gallegos, G. Martínez-Gutiérrez, 2015, Effect of phosphate-solubilizing bacteria isolated from semiarid soils on pitahaya seedlings (*Hylocereus undatus*). Idesia 33:65-68.
- [5] SAS Institute (2004) SAS® 9.1 SQL Procedure User's Guide. Cary, NC, USA.
- [6] Podile, A.R. and G.K. Kishore. 2006. Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR). In: Gnanamanickam, S.S (Ed.), Plant-associated bacteria. Springer, Dordrecht, The Netherlands, pp. 195-230.