

Fertilización fosfórica en semilleros de caña de azúcar (*Saccharum spp*) establecidos con almácigo de cultivo de tejidos *in vitro* en Costa Rica

Erick Chavarría Soto¹; Julio César Barrantes Mora²; Randall Ocampo Chinchilla³; Gilberto Calderón Araya⁴; Willy Valverde Araya⁵

Resumen

Evaluar y ajustar con base en criterios técnicos las dosis de fertilización fosfórica durante el establecimiento de semilleros a partir de almácigo *in vitro*, constituye el primer paso para adecuar un paquete técnico acorde a este sistema de establecimiento de propagación, y el principal objetivo de esta investigación. Se establecieron tres pruebas simultáneas con dosis crecientes de fósforo en dos regiones cañeras de Costa Rica y con tres variedades comerciales de caña de azúcar (*Saccharum spp.*). Se obtuvo una respuesta positiva al aumento del fósforo aplicado con la variedad B76 – 259 en la Región de Turrialba, no así con las variedades LAICA 04 – 44 y LAICA 05 – 802 en la Región Sur.

Introducción

La implementación del cultivo de tejidos *in vitro* como una herramienta para la reproducción de la caña de azúcar (*Saccharum spp.*), implica una labor de desarrollo de la técnica de establecimiento de semilleros con este tipo de fuente de material de propagativo. Trabajos previos han estado enfocados en establecer distancias de siembra óptimas, evaluación de la calidad final de la semilla resultante y estimación de porcentajes mínimos permisibles de germinación (Chavarría *et al*, 2012).

La fertilización inicial de este tipo de semilleros es uno de los temas que se ha postergado en atención. Actualmente se brinda una recomendación genérica para la aplicación de fertilizantes a la siembra, basados principalmente en el fósforo (P) como elemento primordial durante la germinación. No obstante, los semilleros establecidos a partir de almácigo *in vitro* no necesitan germinar ya que se tratan de plántulas que antes de su trasplante definitivo al campo han pasado por un proceso de aclimatación y hospedaje en condiciones de ambientes controlados.

Los ámbitos de respuesta de la caña de azúcar a la fertilización fosfórica son muy amplios y van desde los 60 hasta los 200 kg P₂O₅/ha a nivel comercial (Chaves 2003), y en general se recomienda que a los almácigos de caña se les aplique al trasplante una dosis de 150 kg P₂O₅/ha (Alfaro *et al* 2007).

¹ Ingeniero Agrónomo, funcionario del *Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA), Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (LAICA)*. Programa de Fitosanidad, Área de Fitopatología. E – mail: echavarrria@laica.co.cr. Teléfonos: (506) 2494-1129, (506) 2494-2955, (506) 2494-4451, (506) 2494-7555.

² Ingeniero Agrónomo, funcionario del *Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA), Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (LAICA)*. Coordinador Región Sur, Pérez Zeledón. San José, Costa Rica. E – mail: jbarrantes@laica.co.cr. Teléfono (506) 2771-3739.

³ Ingeniero Agrónomo, funcionario del *Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA), Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (LAICA)*. Programa de Agronomía. E – mail: rocampo@laica.co.cr. Teléfonos: (506) 2494-1129, (506) 2494-2955, (506) 2494-4451, (506) 2494-7555.

⁴ Ingeniero Agrónomo, funcionario del *Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA), Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (LAICA)*. Coordinador Región Turrialba. Cartago, Costa Rica. E – mail: gcalderon@laica.co.cr. Teléfono (506) 2556-7806.

⁵ Ingeniero Agrónomo, funcionario del *Departamento de Operaciones Agrícolas, CoopeAgri R. L.* Peñas Blancas, Pérez Zeledón. San José, Costa Rica. E – mail: wivalverde@coopeagri.co.cr. Teléfono (506) 2738-2284.

Evaluar y ajustar con base en criterios técnicos las dosis de fertilización fosfórica a la siembra, constituye el primer paso para adecuar un paquete técnico acorde a este sistema de establecimiento de semilleros, y el principal objetivo de esta investigación.

Metodología

La evaluación se desarrolló mediante dos pruebas simultáneas que se establecieron en las regiones Sur y Turrialba con tres variedades comerciales de caña (*Saccharum* spp.). La prueba de la Región Sur se estableció con las variedades LAICA 04 – 44 y LAICA 05 – 802 en la Finca La Presa de CoopeAgri (latitud 9,308197° N; longitud 83,631394° O), ubicada en el distrito de Peñas Blancas, cantón de Pérez Zeledón, provincia San José; y la correspondiente a la Región Turrialba se estableció con la variedad B76 – 259 en la Finca Canadá de AgroAtirro (latitud 9,850463° N; longitud 83,642702° O), el distrito de La Suiza, cantón de Turrialba, provincia Cartago.

Se tomó una muestra de suelo de cada uno de los lotes y se les realizó el respectivo análisis químico previo al establecimiento del ensayo, el cual se puede apreciar en el Cuadro 1. Al lote de la Región Sur fue necesario realizar una aplicación de carbonato de calcio (CaCO₃) para reducir en aproximadamente un 5% la saturación de acidez (SA).

Cuadro 1
 Contenido de nutrimentos del suelo en el sitio de establecimiento de la prueba para evaluar la respuesta a la fertilización fosfórica del almácigo *in vitro* de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) al trasplante.

Procedencia	pH	Ca	Mg	K	Acidez	SA	P	Cu	Zn	Mn	Fe
	H ₂ O	cmol(+)/L				%	mg/L				
Turrialba	5,5	10,61	1,79	0,22	0,12	0,94	17,0	32	5,6	30	227
Pérez Zeledón	5,0	2,07	0,52	0,37	1,15	28,0	9,0	8	5,1	5	254
Niveles Críticos											
		2,20	0,80	0,20			12,0	3	1,0	5	10

Ca, Mg, K y acidez intercambiable extraídos con KCl 1N en una relación volumétrica muestra:solución extractora de 1:10.

K, P, Fe, Cu, Zn y Mn extraídos con solución de Olsen modificado (NaHCO₃ 0,5N + EDTA disódico 0,01M + Superfloc® 127) en una relación volumétrica muestra:solución extractora de 1:10.

Fuente para niveles críticos extraídos con Olsen Modificado: Díaz-Romeu y Hunter 1978.

Fuente para niveles críticos extraídos con KCl 1N: Bertsch 1987.

Las pruebas se plantaron en parcelas de 9 x 9 m (81 m²) siguiendo un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones y cuatro tratamientos: 1) testigo sin P; 2) 50 kg P₂O₅/ha; 3) 100 kg P₂O₅/ha; y 4) 150 kg P₂O₅/ha; todos aplicados al trasplante del almácigo. Adicionalmente se realizó la fertilización de rutina con nitrógeno a una dosis de 150 kg/ha fraccionada en dos aplicaciones a las 4 y 8 semanas después del trasplante; y de potasio a 50 kg K₂O/ha a las 4 semanas después del trasplante.

Las plántulas *in vitro* se sembraron siguiendo una distancia de siembra de 0,75 m entre plantas y 1,5 m entre hileras de acuerdo a lo recomendado por Chavarría *et al* (2012).

A los tratamientos se les realizó una evaluación agronómica a los 7 meses después del trasplante donde se midió el número de tallos/m, el grosor y la altura de los tallos; la cosecha se realizó a edad para semilla; y se midió el peso total del material reproductivo por parcela.

Resultados y Discusión

Los datos obtenidos del análisis de suelo (Cuadro 1) indican que en términos de fertilidad ambos suelos difieren bastante, especialmente en lo que se refiere a la acidez y al fósforo (P). El suelo de Turrialba presenta mejores condiciones e incluso un nivel del P 41,7% por encima del nivel crítico, lo que hace presumir una respuesta limitada a la aplicación de este nutrimento. Por otro lado, el suelo de Pérez Zeledón se encontraba 25% por debajo del nivel crítico para el caso del P; y una acidez considerable y típica de la Región Sur.

El almácigo *in vitro* utilizado para el establecimiento en la Región Sur sufrió un comportamiento bastante atípico durante su desarrollo. Una parte importante de las plántulas, especialmente la LAICA 04 – 44, comenzaron a manifestar un retraso inexplicable en su crecimiento el cual mostraba un patrón de distribución no aleatorio ni influenciado por los tratamientos. Esta situación resultó del todo inesperada debido a que el almácigo utilizado mostraba una buena homogeneidad y desarrollo, por lo que se le atribuyó a un efecto derivado del tiempo en que se hospedó en el invernadero y que pudo haber sido influenciado por la posición de las bandejas de almácigo dentro de las instalaciones de aclimatación. Esta situación imposibilitó la ejecución de la evaluación agronómica de las parcelas en la Región Sur debido a la heterogeneidad en el comportamiento de las plántulas. Por el contrario, la prueba de la Región Turrialba se desarrolló normalmente y sin ningún problema evidente, y los resultados de la evaluación agronómica se muestran en el Cuadro 2. Los datos resultantes no se muestran consistentes con las dosis crecientes de P ni tuvieron diferencias estadísticas significativas en el análisis de varianza.

Cuadro 2

Resultados de la evaluación agronómica en la determinación de la respuesta de la caña de azúcar (*Saccharum* spp.) a la fertilización fosfórica al trasplante en el establecimiento de semilleros a partir de almácigo *in vitro* de la variedad B76 – 259 en la Región Turrialba, Costa Rica.

Tratamiento	Tallos/m	Grosor tallos (cm)	Altura tallos (m)
TESTIGO sin P	20	2,59	2,29
50 kg/ha P ₂ O ₅	21	2,65	2,46
100 kg/ha P ₂ O ₅	19	2,59	2,38
150 kg/ha P ₂ O ₅	21	2,62	2,29

Los resultados del Cuadro 3 muestran los pesos de la semilla obtenidos a la cosecha de los ensayos. Las diferencias observadas se deben al azar y no a los efectos de los tratamientos según el análisis de varianza. A pesar de los niveles altos de P en el suelo, la prueba de la Región Turrialba muestra una leve consistencia en cuanto a la respuesta de las plántulas al aumento en la dosis de P, sobre todo entre el testigo sin P y los restantes tratamientos. Mientras tanto las variedades de la Región Sur no presentan una tendencia clara, probablemente por efecto de la situación antes mencionada.

Cuadro 3

Peso en kg/parcela obtenidos de la evaluación de la respuesta de dos variedades de caña de azúcar (*Saccharum spp.*) a la fertilización fosfórica al trasplante en el establecimiento de semilleros a partir de almácigo *in vitro* de en dos regiones de Costa Rica.

Tratamientos	Turrialba		Pérez Zeledón			
	B76-259		LAICA 04-44		LAICA 05-802	
	Peso (kg)	PRT*	Peso (kg)	PRT*	Peso (kg)	PRT*
Testigo	695	-	846	-	677	-
50 kg/ha P ₂ O ₅	775	11,4	904	6,8	693	2,3
100 kg/ha P ₂ O ₅	796	14,5	900	6,4	666	-1,7
150 kg/ha P ₂ O ₅	829	19,3	850	0,47	685	1,2

*PRT: diferencia en porcentaje entre los tratamientos y el testigo sin P.

Conclusiones

La evidencia sugiere que hay una aparente respuesta positiva a la aplicación de P al trasplante del almácigo *in vitro* en el campo, pero el comportamiento de las plántulas y su desarrollo supone estar más influenciado por la homogeneidad del material de origen, y más importante aún, por su condición durante la etapa de aclimatación bajo ambientes controlados.

Se hace necesario realizar más pruebas aumentando las dosis por arriba de los 150 kg/ha P₂O₅ en vista de la respuesta conseguida con la densidad de siembra utilizada; a pesar de los altos contenidos del elemento en el suelo obtenidos en la Región de Turrialba. Además, las diferencia escalable de 50 kg/ha P₂O₅ entre los tratamientos pareciera no ser lo suficientemente amplia para determinar mayores diferencias entre ellos, por lo que sería recomendable aumentar esta diferencia a 75, e incluso hasta 100 kg/ha P₂O₅, en función del contenido del P en el suelo.

Literatura Citada

- ALFARO, R.; CHAVARRÍA, E.; CHAVES, M. 2007. Protocolo: Recomendaciones técnicas para el establecimiento y manejo de semilleros básicos de caña de azúcar en Costa Rica. San José, CR Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (LAICA). 22 p.
- CHAVARRÍA, E.; CHINCHILLA, R.; CALDERÓN, G. 2012. Resultados de las últimas investigaciones en semilla de caña de azúcar. *In: Memorias XIX Congreso Nacional Azucarero de ATACORI.* 4 – 5 Octubre del 2012. Hotel Condovac La Costa. Playa Hermosa, Guanacaste. CR.
- CHAVES, M. 2003. Fertilización de la caña de azúcar en Costa Rica: experiencias de los últimos 20 años (periodo 1980-2000). *In: Memoria XV Congreso Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI) "Ing. Agr. José Luis Corrales Rodríguez".* Carrillo, Guanacaste, CR. Septiembre 2003. p: 49-54.
- CHAVES, M. 2012. Comparativo de la fertilización aplicada a las plantaciones comerciales de caña de azúcar en Costa Rica. V Congreso Tecnológico DIECA 2012. Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (LAICA), Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA). Del 5 al 7 de septiembre del 2012. Salón de Asambleas, en CoopeVictoria R. L., Grecia. Alajuela, Costa Rica.

Literatura Citada

Cuadro A 1

Resultado del análisis de varianza para la variable peso por parcela en kg obtenidos de la evaluación de la respuesta de dos variedades de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) a la fertilización fosfórica al trasplante en el establecimiento de semilleros a partir de almácigo *in vitro* con la variedad B76 – 259 en la Región de Turrialba.

<i>Fuente de variación</i>	<i>SC</i>	<i>gl</i>	<i>CM</i>	<i>F calculado</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>F tabular</i>
Bloques	38.908	3	12.969	2,12	0,168	3,86
Tratamientos	13.412	3	4.471	0,729	0,560	3,86
Error	55.157	9	6.129			
Total	107.477	15				

Cuadro A 2

Resultado del análisis de varianza para la variable peso por parcela en kg obtenidos de la evaluación de la respuesta de dos variedades de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) a la fertilización fosfórica al trasplante en el establecimiento de semilleros a partir de almácigo *in vitro* con la variedad LAICA 04 – 44 en la Región Sur.

<i>Fuente de variación</i>	<i>SC</i>	<i>gl</i>	<i>CM</i>	<i>F calculado</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>F tabular</i>
Bloques	11.613	3	3.871	1,33	0,324	3,86
Tratamientos	57.860	3	19.287	6,63	0,0117	3,86
Error	26.171	9	2.908			
Total	95.644	15				

Cuadro A 3

Resultado del análisis de varianza para la variable peso por parcela en kg obtenidos de la evaluación de la respuesta de dos variedades de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) a la fertilización fosfórica al trasplante en el establecimiento de semilleros a partir de almácigo *in vitro* con la variedad LAICA 05 – 802 en la Región Sur.

<i>Fuente de variación</i>	<i>SC</i>	<i>gl</i>	<i>CM</i>	<i>F calculado</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>F tabular</i>
Bloques	1.631	3	544	0,219	0,881	3,86
Tratamientos	14.213	3	4.738	1,90	0,199	3,86
Error	22.393	9	2.488			
Total	38.236	15				