

Efecto del bioestimulante Enerplant® en la aclimatización *ex vitro* de plantas propagadas *in vitro* de caña de azúcar cv. C97-445

Beatriz Hurtado Becerra¹, <https://orcid.org/0000-0001-5517-820X>
Rafael Gómez-Kosky¹, <https://orcid.org/0000-0003-3656-9824>
Aydiloides Bernal Villegas¹, <https://orcid.org/0000-00017976-1993>
María del Carmen Hernández León¹, <https://orcid.org/0000-0002-7672-3171>
Edel Alejandro Toledo Rodríguez¹, <https://orcid.org/0000-0002-0522-7330>
Laisyn Posada-Pérez², <https://orcid.org/0000-0001-5154-5965>
Mirelis Alejo Sierra¹, <https://orcid.org/0000-0001-7181-1896>
Jercy Alvarez Ferreiro¹, <https://orcid.org/0000-0002-7685-2563>
Ada T. Aguiar Fernández¹, <https://orcid.org/0000-0002-6450-8028>
Midiala Bermúdez Calimano¹, <https://orcid.org/0000-0002-5789-6595>
Dunia Núñez Jaramillo¹, <https://orcid.org/0000-0001-8009-0189>

¹Instituto Nacional de Investigaciones en la Caña de Azúcar. UEB Villa Clara (INICA VC). Autopista Nacional km 246. Ranchuelo. Villa Clara. Cuba.

²Instituto de Biotecnología de las Plantas (IBP), Universidad Central Marta Abreu de Las Villas. Carretera a Camajuaní km 5,5. Santa Clara. Villa Clara. Cuba. CP 54 830.

*Autor para correspondencia e-mail: rafael.kosky@inicavc.azucuba.cu

RESUMEN

Las plantas *in vitro* de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) son susceptibles a los cambios ambientales en la fase de aclimatización lo cual afecta su crecimiento y desarrollo. El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto del bioestimulante Enerplant® en la supervivencia y el crecimiento de plantas *in vitro* de caña de azúcar cv. C97-445 en la aclimatización *ex vitro*. Se evaluaron tres disoluciones (0.6, 0.8 y 1.0 ml l⁻¹) de Enerplant® y se comparó con el bioestimulante VIUSID-Agro® 0.8 ml l⁻¹. Se realizaron dos aplicaciones diarias, los primeros tres días y posteriormente una vez por semana. Los experimentos se llevaron a cabo en época de seca. Las variables evaluadas fueron la supervivencia a los 15 días y las morfofisiológicas a los 55 días después del trasplante. Se comprobó que la aplicación de Enerplant® incrementa la supervivencia de las plantas *in vitro* de caña de azúcar y mejora su crecimiento. El tratamiento con 0.8 ml l⁻¹ de este bioestimulante tuvo el mayor efecto en el crecimiento de las plantas *in vitro* en condiciones de aclimatización *ex vitro*.

Palabras clave: crecimiento, oligosacáridos, supervivencia

Effect of Enerplant® biostimulant on *ex vitro* acclimatization of *in vitro* propagated sugarcane plants cv. C97-445

ABSTRACT

In vitro sugarcane plants (*Saccharum* spp.) are susceptible to environmental changes in the acclimatization phase, which affects their growth and development. The objective of this work was to evaluate the effect of the biostimulant Enerplant® on the survival and growth of *in vitro* plants of sugarcane cv. C97-445 in *ex vitro* acclimatization. Three solutions (0.6, 0.8 and 1.0 ml l⁻¹) of Enerplant® were evaluated and compared with the biostimulant VIUSID Agro® 0.8 ml l⁻¹. Two daily applications were made, the first three days after transplant and then once a week. The experiments were carried out in the dry season. The variables evaluated were survival at 15 days and morphophysiological at 55 days after transplantation. It was verified that the application of Enerplant® increases the survival of sugarcane *in vitro* plants and improves their growth. Treatment with 0.8 ml l⁻¹ of this biostimulant had the greatest effect on *in vitro* plant growth under *ex vitro* acclimatization conditions.

Keywords: growth, oligosaccharides, survival

INTRODUCCIÓN

La caña de azúcar (*Saccharum* spp.) es uno de los cultivos agroindustriales más importantes a nivel mundial. Está distribuida en más de 100 países sobre un área de 26 millones de hectáreas, fundamentalmente en las zonas tropicales y subtropicales. Ocupa el lugar 12 en cuanto al área cultivada de un total de 161 especies de interés agroindustrial (Portal caña, 2020). En Cuba se encuentra distribuida en todo el territorio nacional y con alrededor de 642 243.3 ha, según el censo anual de cultivares realizado por el Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA), lo que representa cerca del 40% del área total cultivada (Mesa *et al.*, 2019).

La producción de semilla es uno de los aspectos principales que sustenta los rendimientos en el cultivo de la caña de azúcar. Dados los problemas sanitarios relacionados con la producción de semilla por métodos tradicionales y los bajos coeficientes de multiplicación de esta especie, la propagación *in vitro* por diferentes técnicas biotecnológicas cobra gran importancia. Estos problemas impiden la rápida propagación de plantas libres de enfermedades y la introducción a la producción de cultivares promisorios (Jorge *et al.*, 2011). Considerando lo anterior, la micropropagación comercial de caña de azúcar permite la multiplicación masiva de plantas para obtener plantas certificadas y aumentar la productividad de caña y de azúcar por unidad de superficie (Bello-Bello *et al.*, 2018). La aclimatización *ex vitro* de las plantas propagadas *in vitro* es un aspecto fundamental en la culminación de este proceso.

El cultivo de las plantas en condiciones *in vitro* hace que en estas se produzcan modificaciones en la morfología de las hojas, estructura anormal del mesófilo, pobre actividad fotosintética, mal funcionamiento de los estomas y reducción de las ceras cuticulares, entre otras. El ambiente *ex vitro* presenta una humedad relativa más baja y alta intensidad luminosa. Al colocar las plantas en estas condiciones su supervivencia se ve afectada. La aclimatización *ex vitro* es la fase más difícil del cultivo. Por ello, se requiere de cuidados para que las plantas *in vitro* no mueran por pérdida excesiva de agua o por ataque de organismos patógenos (Pospíšilová

et al., 1999; Hazarika, 2003; George, 2008). En el caso de la aclimatización *ex vitro* de plantas caña de azúcar propagadas *in vitro* se ha comprobado que su metabolismo es susceptible a los cambios ambientales durante esta fase (Rodríguez *et al.*, 2008). Factores como la temperatura, la humedad y la intensidad de la luz inciden sobre las características y supervivencia de las plantas (Yadav *et al.*, 2020). Para incrementar la eficiencia en esta fase del cultivo *in vitro*, se han empleado alternativas que incluyen, por ejemplo, el uso de microorganismos promotores del crecimiento vegetal (Oliveira *et al.*, 2002), diferentes sustratos (Tesfa *et al.*, 2016), cobertores (Yadav *et al.*, 2020) y productos bioestimulantes (Daniel *et al.*, 2019; Gómez-Kosky *et al.*, 2020).

A pesar de que en el cultivo de caña de azúcar se ha utilizado el bioestimulante Enerplant® con resultados positivos en el crecimiento y rendimiento de las plantas en el cultivo en campo (Crach *et al.*, 1999; Mariña *et al.*, 2005; Cobas-Elías *et al.*, 2016; Rosell-Pardo y Ramírez-Rubio, 2018; Rivera *et al.*, 2018; Núñez-Chávez *et al.*, 2019), aun no se ha empleado en la aclimatización *ex vitro* de plantas propagadas *in vitro*.

Enerplant® (BIOTEC Internacional S.A de C.V, México) es un producto bioestimulante y biorregulador del crecimiento vegetal que estimula la producción de flores y frutos. Además, acorta el ciclo biológico del cultivo e incrementa los rendimientos de las cosechas en calidad y cantidad, entre otros efectos. Se elabora con diferentes tipos de oligosacáridos a partir de materiales vegetales seleccionados (BIOTEC INTERNACIONAL, 2020).

En la biofábrica del Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA), ubicada en Villa Clara, se aplica el bioestimulante VIUSID Agro® con el fin de lograr una alta supervivencia y estimular el crecimiento de plantas *in vitro* de diferentes cultivares de caña de azúcar en el proceso de aclimatización. Ante la necesidad de contar con alternativas de productos que se puedan emplear para estos fines y considerando los resultados previos de la aplicación foliar de Enerplant® en el cultivo en campo, su uso en la aclimatización *ex vitro* podría aportar resultados satisfactorios.

El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto del bioestimulante Enerplant® en la supervivencia y crecimiento de plantas *in vitro* de caña de azúcar durante la aclimatización *ex vitro*.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se desarrolló en la fase de aclimatización *ex vitro* de la Biofábrica perteneciente a la UEB del Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA- Villa Clara), ubicada en el Municipio de Ranchuelo, provincia Villa Clara, Cuba.

Material vegetal

Se utilizaron plantas *in vitro* de caña de azúcar cultivar C97-445 con 15 días de cultivo en medio de cultivo de enraizamiento propuesto por Jiménez *et al.* (1997). Tenían una altura entre 3.0 a 4.5 cm, tres a cuatro hojas y un buen desarrollo radical de acuerdo con lo recomendado por el Instructivo técnico para la propagación *in vitro* de este cultivo (Jiménez *et al.*, 1997) (Figura 1).

Condiciones de cultivo

Previo a la plantación en la fase de aclimatización, las plantas *in vitro* fueron lavadas con agua corriente. Posteriormente, se colocaron en bandejas de polipropileno

negras de 60 alvéolos (Figura 2) con una capacidad de 76 cm³. Se empleó un sustrato compuesto por compost a partir de cachaza (restos de la industria de la caña de azúcar), al que se le añadió zeolita en proporción de 3:1 (v/v).

Las bandejas fueron colocadas en condiciones de umbráculo. Este estaba conformado por una estructura metálica cubierta solo con una malla sombra de color negro (Sarán) que permitió la reducción al 50% de la intensidad luminosa que osciló entre 224 y 457 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, medida con un luxómetro LM 76 Lightmeter (Francia). La frecuencia de riego con microaspersores fue tres veces al día durante 10 minutos. La humedad relativa se mantuvo del 70-85% a una temperatura media de 25 ± 2 °C en época de seca. Las plantas *in vitro* todo el tiempo que duró el experimento se atendieron según el manual de procedimientos establecido (Jorge *et al.*, 2011).

Bioestimulantes

Se emplearon los bioestimulantes Enerplant® (BIOTEC INTERNACIONAL S.A DE C.V, México) y VIUSID Agro® (Catalysis, España).

Los bioestimulantes se aplicaron mediante mochila de aspersión (Matabi, España) de 16 l de capacidad, con boquilla de inundación



Figura 1. Plantas *in vitro* de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) cv. C97-445 utilizadas en los experimentos en la fase de aclimatización *ex vitro* después de 15 días en medio de cultivo de enraizamiento.



Figura 2. Bandeja de polipropileno de 60 alvéolos utilizadas para la aclimatización *ex vitro* de plantas *in vitro* de *Saccharum* spp.

(*flood-jet*) Lurmark AN 2.5, con una presión de 1.5 a 2.0 bar, según los parámetros técnicos de la misma.

Diseño experimental y variables evaluadas

El objetivo de este experimento fue evaluar el efecto de la aplicación de Enerplant® en la supervivencia y el crecimiento en plantas *in vitro* de *Saccharum* spp. cv. C97-445 en la fase de aclimatización *ex vitro*. Se emplearon cinco tratamientos: tres disoluciones de Enerplant® (0.6, 0.8 y 1.0 ml l⁻¹), VIUSID Agro® a 0.8 ml l⁻¹ según lo recomendado por Gómez-Kosky *et al.* (2020) y un control sin aplicación. El diseño experimental fue completamente al azar.

Los bioestimulantes se aplicaron los primeros tres días después del trasplante (dos veces al día) en la mañana (9:00 am) – tarde (4:00 pm) y a partir de los siete días, una aplicación por semana hasta los 45 días.

Por tratamiento se emplearon un total de 180 plantas *in vitro* colocadas en tres bandejas como repetición.

A los 15 días de cultivo en el umbráculo, se evaluó la supervivencia (%) en todos los tratamientos al 100% de las plantas *in vitro*. También, a los 55 días de cultivo después del trasplante, se evaluaron diferentes características morfofisiológicas a las plantas *in vitro*.

A 30 plantas seleccionadas al azar les fueron evaluadas las siguientes variables: altura de la planta (cm) desde la base de la planta

hasta la hoja+1, altura de la planta (cm) desde la base de la planta hasta la hoja+1, diámetro del tallo (mm) con el auxilio de un pie de rey digital, número de hojas, longitud de la hoja +1 (cm), contenido de clorofilas totales en hoja +1 (unidades SPAD) equivalentes a la cantidad de clorofila y nitrógeno total determinados por métodos tradicionales con el empleo el detector portátil de clorofila SPAD-502 (Minolta, Japón), masa fresca (MF) de la planta completa (g), masa seca de la planta completa (g), MF parte aérea (g), MF de las raíces (g), número de raíces por planta y longitud de la raíz más larga (cm).

Para la determinación de la masa fresca y seca, se tomaron plantas de los diferentes tratamientos. Se lavaron con agua las raíces para eliminar restos de sustrato. Se determinó la masa fresca con una balanza técnica (Sartorius, Alemania). Posteriormente para la masa seca, el material vegetal fue secado en una estufa (Verticell MMM Medcenter Einrichtung GmbH, Alemania) a 80 °C durante 72 horas hasta peso constante, que se determinó en una balanza técnica (Sartorius, Alemania).

Análisis estadístico

Para el análisis de la normalidad de las variables se utilizó la prueba de Shapiro Wilk y la homogeneidad de varianza por Levene. Se utilizó el Paquete Estadístico SPSS versión 23.0 del 2015 para Windows y STATISTICA versión 12.0 para la variable expresada en porcentaje, la diferencia entre los valores se determinó mediante la prueba de comparación

de proporciones para dos muestras. Para la comparación entre las medias se aplicó un Análisis de varianza (ANOVA simple) y la diferencia entre las medias se determinó por la prueba de Tukey. En todos los casos las diferencias significativas fueron establecidas para $p < 0.05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El bioestimulante Enerplant® tuvo un efecto positivo sobre la supervivencia de las plantas *in vitro* de caña de azúcar en la fase de aclimatización *ex vitro*. Los valores en los tres tratamientos con Enerplant® y VIUSID Agro® (control relativo) superaron al control sin aplicación (control absoluto) (Tabla 1).

La aplicación de Enerplant® a 0.8 ml l^{-1} produjo resultados similares a VIUSID Agro®, con valores de supervivencia por encima del 90.0% y diferencias significativas con el resto de los tratamientos. Es necesario tomar en cuenta que las plantas *in vitro* de caña de azúcar provenían de ser cultivadas en condiciones de laboratorio, dentro de frascos de cultivo, donde la humedad relativa varía entre 85.0-92.0%. Esto hace que sufran un cambio brusco cuando son expuestas a condiciones *ex vitro* con humedad relativa más baja, mayor temperatura y luminosidad, lo cual influye en los porcentajes de supervivencia (Rodríguez *et al.*, 2000; Rodríguez *et al.*, 2008; Bello-Bello *et al.*, 2018). Las plantas cuando se encuentran fuera del ambiente *in vitro* cambian los sistemas fotosintéticos para poder supervivir. Antes de ser transferidas a condiciones ambientales deben tener un desarrollo foliar y radical desarrollado, para evitar su deshidratación y muerte. Los primeros días de la aclimatización *ex vitro* son vitales,

debe proporcionarse una humedad relativa cercana al 90% y reducción de la exposición a la luz. Estas condiciones cambian mientras la planta crece y se aclimatiza, la humedad se puede disminuir e incrementar la luz (Pospíšilová *et al.*, 1999; Hazarika, 2003; George, 2008; Rodríguez *et al.*, 2008; Clapa *et al.*, 2013). En dichas condiciones de estrés, para las plantas *in vitro* de caña de azúcar con ambos bioestimulantes se incrementó la supervivencia.

Los resultados con la aplicación foliar de Enerplant® en la supervivencia de las plantas *in vitro* pudieron estar relacionados con el efecto beneficioso observado para los oligosacáridos sobre el crecimiento de las plantas. Esto puede implicar la unión de estos a receptores específicos de la membrana plasmática que utilizan un correceptor involucrado en la transducción de señales de los estímulos de crecimiento de las plantas, lo que lleva a la activación simultánea del crecimiento vegetal y la defensa contra organismos patógenos (González *et al.*, 2013).

No se observaron daños o fitotoxicidad en las plantas tratadas con el bioestimulante (Figura 3). Los cambios en las variables cuantitativas evaluadas se relacionaron con las concentraciones ensayadas.

La aplicación de Enerplant® y VIUSID Agro® produjeron resultados sobre el crecimiento y las variables fisiológicas de forma integral superiores al control sin aplicación, con diferencias significativas para la mayoría de las variables estudiadas (Tabla 2, Tabla 3). El diámetro, número de hojas y la longitud de la raíz más larga fueron similares en todos los tratamientos.

Tabla 1. Efecto del bioestimulante Enerplant® sobre la supervivencia de plantas *in vitro* de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) cv. C97-445 a los 15 días después del trasplante en condiciones de aclimatización *ex vitro*.

Tratamientos (ml l^{-1})	Supervivencia (%)
Enerplant (0.6)	85.0% b
Enerplant (0.8)	91.4% a
Enerplant (1.0)	83.9% b
VIUSID Agro (0.8)	92.3% a
Control sin aplicación	80.6% c

Porcentajes con letras distintas difieren significativamente según la Prueba de proporciones para $p < 0.05$, $n = 180$ plantas por tratamiento

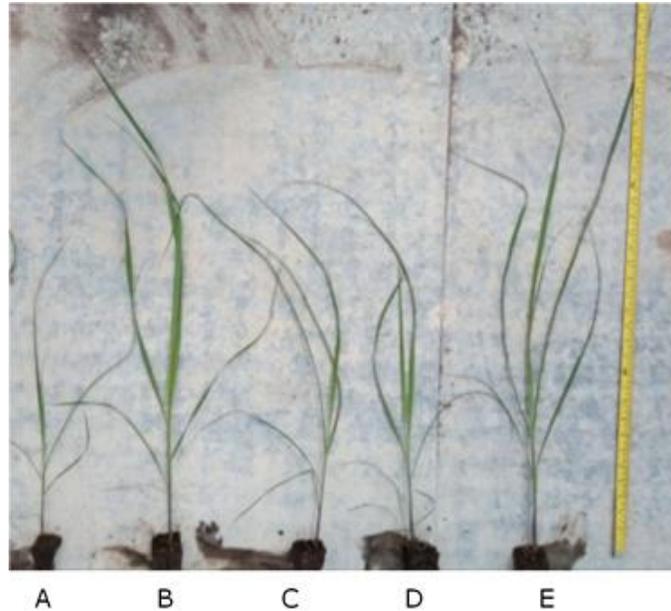


Figura 3. Plantas *in vitro* de caña de azúcar (*Saccharum* spp. cv. C97-445) aclimatizadas *ex vitro*, a los 55 días después del trasplante. (A) Control sin aplicación, (B) Enerplant® 0.8 ml l⁻¹, (C) Enerplant® 0.6 ml l⁻¹, (D) Enerplant® 1.0 ml l⁻¹, (E) VIUSID Agro® 0.8 ml l⁻¹.

Con el tratamiento Enerplant® a 0.8 y 1.0 ml l⁻¹ se constataron diferencias significativas con el control sin aplicación para las variables longitud de la hoja +1 y el número de raíces. Los resultados fueron similares al VIUSID Agro (Tabla 2). De igual forma, las plantas a las que se aplicó Enerplant® a 0.8 ml l⁻¹ incrementaron su contenido de clorofilas totales, la masa fresca y seca de la planta y también la masa fresca de la parte aérea y de las raíces con respecto al control sin aplicación (Tabla 3). Relacionado con lo anterior, Falcón *et al.* (2015) refirieron que la respuesta de las plantas a la aplicación de oligosacarininas puede estar relacionada con los cambios que se producen en la organización y el metabolismo celular de las plantas cultivadas bajo la influencia de sustancias o productos biológicamente activos. Esto se debe a que estas sustancias regulan los eventos relacionados con la absorción y translocación de nutrientes, lo que refuerza la resistencia de la planta a factores bióticos y abióticos, alterando sus niveles fitohormonales.

Aunque la masa fresca de las plantas fue similar a la obtenida con VIUSID Agro (Tabla 3), la masa seca se incrementó 1.4 veces, con diferencias significativas entre estos tratamientos. De igual forma, la masa fresca de las raíces se duplicó (aprox.) con respecto al resto de los tratamientos.

El incremento de la masa fresca en el tratamiento con 0.8 ml l⁻¹ Enerplant®, podría estar relacionado con el efecto bioestimulante de este producto por la presencia de oligosacáridos en su estructura. Al unirse a las proteínas transmembranales activan señales o estímulos bioquímicos dirigidos a estimular la asimilación de nutrientes y el proceso fotosintético de la planta lo que incide en una mayor exportación de los fotosintatos de las hojas y tallos. Enerplant®, al igual que los brasinoesteroides y otros bioestimulantes del crecimiento vegetal, ejerce su acción fisiológica a concentraciones muy bajas o intermedias como se ha demostrado en cultivos como lechuga (*Lactuca sativa* L.) (Baldoquín-Hernández *et al.*, 2015), pimiento (*Capsicum annun* L.) (Cabrera-Medina *et al.*, 2011), cebolla (*Allium cepa* L.) (Alarcón-Zayas *et al.*, 2018). Cuando las concentraciones son muy elevadas se podrían producir efectos inhibitorios sobre los procesos fisiológicos y bioquímicos de las plantas, lo que justificaría los resultados con la concentración más alta empleada que para algunas variables como la masa fresca de la planta que mostró resultados inferiores al control (Tabla 3).

Los resultados alcanzados con VIUSID-Agro® pudieron ser debido al efecto anti-estrés, según la composición del mismo, donde se

Tabla 2. Efecto de Enerplant® sobre el crecimiento de las plantas *in vitro* de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) cultivar C97-445 a los 55 días de cultivo en condiciones de aclimatización *ex vitro*.

Tratamiento	Altura (cm)	Longitud hoja +1 (cm)	No. de raíces
Enerplant (0.6)	13.19 c	44.54 c	7.80 b
Enerplant (0.8)	14.85 ab	54.84 a	10.20 a
Enerplant (1.0)	14.96 ab	52.60 ab	8.90 ab
VIUSID Agro (0.8)	16.32 a	50.67 abc	8.20 b
Control s/aplic.	13.96 bc	47.42 bc	7.40 b
MG±EE	14.66±0.212	50.01±0.86	9.10±2.39

Medias con letras distintas en un misma columna difieren significativamente según prueba de Tukey para $p \leq 0.05$ $n = 150$

Tabla 3. Efecto de Enerplant® sobre variables fisiológicas de plantas *in vitro* de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) cultivar C97-445 a los 55 días de cultivo en condiciones de aclimatización *ex vitro*.

Tratamiento (ml l ⁻¹)	Clorofilas totales (SPAD)*	MF planta (g)	MS planta (g)	MF parte aérea (g)	MF raíces (g)
Enerplant(0.6)	40.91 ab	3.20 b	0.59 e	2.25 b	1.05 b
Enerplant (0.8)	43.28 a	5.37 a	1.03 a	3.68 a	2.05 a
Enerplant (1.0)	42.18 ab	2.29 c	0.79 b	3.13 a	1.14 b
VIUSID (0.8)	45.91 a	4.29 ab	0.72 d	3.35 a	1.00 b
Control s/aplic.	36.81 b	3.86 b	0.73 c	2.70 b	1.20 b
MG±EE	41.81±0.86	4.20±0.15	0.77±0.014	3.05±1.06	1.35±0.71

Medias con letras distintas en un misma columna difieren significativamente según prueba de Tukey para $p \leq 0.05$, $n = 150$, MF: masa fresca, MS: masa seca, * hoja +1

destaca la presencia de varios aminoácidos (Baldoquín *et al.*, 2015; Catalysis, 2017). En relación con lo anterior, Gómez-Kosky *et al.* (2020) demostraron los efectos positivos que se producen en las plantas *ex vitro* de caña de azúcar al utilizar este producto. Estos pueden ser de tres tipos, uno de ellos es hormonal: al ingresar los aminoácidos a las plantas estimulan la formación de clorofila, del ácido indol-3-acético (AIA) y a la vez la producción de vitaminas y la síntesis de numerosos sistemas enzimáticos.

Con el uso de Enerplant® se han informado incrementos en el crecimiento y en el rendimiento de plantas de caña de azúcar cultivadas en campo (Mariña *et al.*, 2005; Núñez-Chávez *et al.*, 2019). Además, se ha recomendado como alternativa económica para la fertilización en este cultivo (Cobas-Elías *et al.*, 2016). Los resultados de este trabajo indicaron que también podría

emplearse para la aclimatización de las plantas obtenidas por cultivo *in vitro*.

CONCLUSIONES

El bioestimulante Enerplant® incrementa la supervivencia y mejora el crecimiento de plantas *in vitro* de caña de azúcar durante la aclimatización *ex vitro*.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a BIOTEC INTERNACIONAL S.A DE C.V, México por la donación del producto Enerplant® para las investigaciones de este trabajo.

Contribución de los autores

Conceptualización BHB, RGK, ABV, LPP, Conservación de datos MHL, ETR, MAS, AAF, JAF, Análisis formal RGK, BHB, Adquisición de fondos RGK, Investigación BHB, RGK, DNJ,

ABV, LPP, Metodología RGK, Escritura: Primera redacción BHB, RGK, MBC, Escritura: Revisión y Edición RGK.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existen conflictos de interés.

REFERENCIAS

Alarcón-Zayas A, Muñoz-Arias O, Viltres-Rodríguez R, Boicet-Fabré T, González-Gómez G (2018) Efecto de Enerplant® en el rendimiento y calidad de la cebolla. *Centro Agrícola* 45(2): 12-20

Baldoquín-Hernández M, Labrada-Rodríguez MÁ (2018) Respuesta agronómica del cultivo habichuela (*Vigna unguiculata* L.) Ante la aplicación de humus de lombriz y Enerplant (Original). *Redel Revista Granmense de Desarrollo Local* 2(2): 1-12

Baldoquín-Hernández M, Alonso-García M, Gómez-Manjuan Y, Bertot-rosa IJ (2015) Respuesta agronómica del cultivo de la lechuga (*Lactuca sativa* L.) variedad Black Seed Simpson ante la aplicación de bioestimulante Enerplant®. *Centro Agrícola* 42(3): 55-59

Bello-Bello JJ, Mendoza-Mexicano M, Pérez-Sato JA (2018) *In vitro* Propagation of Sugarcane for Certified Seed Production. En: de Oliveira AO (Ed). *Sugarcane - Technology and Research*. IntechOpen, London; doi: 10.5772/intechopen.74037

BIOTEC INTERNACIONAL (2020) Enerplant® producto orgánico. Disponible en: <http://www.enerplant.com/web/es/empresas-es.html>. Consultado 06/01/2021

Cabrera-Medina M, Borrero-Reynaldo Y, Rodríguez-Fajardo A, Angarica-Baró EM, Rojas-Martínez O (2011) Efecto de tres bioestimulantes en el cultivo de pimiento (*Capsicum annuum* L.) variedad atlas en condiciones de cultivo protegido. *Ciencia en su PC* (4): 32-42

Capote RA, Vicente AC, Pérez OD, Acuña G (2008) Regeneración de plantas a partir de embriones inmaduros de maíz (*Zea mays* L.) y su comportamiento en condiciones naturales. *Agrotecnia* (5): 1-8

Catalysis (2017) VIUSID Agro, promotor del crecimiento. Disponible en: <http://www.catalysisagrovete.com>. Consultado 22/09/2020

Clapa D, Fira A, Joshee N (2013) An efficient *ex vitro* rooting and acclimatization method for horticultural plants using float hydroculture. *Hortscience* 48(9): 1159–1167; doi: 10.21273/HORTSCI.48.9.1159

Cobas-Elías A, Peña-Rivera L, Cervera-Duverger G, Barrera-Fontanet M, Barquién-Pérez O (2016) Enerplant y Fitomás-E Alternativa económica para la fertilización en caña de azúcar. *Ciencia en su PC* (1): 30-39.

Crach I, Díaz J, Morales M, García I, Marchante V, Hernández F, González R (1999) Enerplant: Nuevo regulador orgánico para el desarrollo de la caña de azúcar en Cuba. EPICA, Santiago de Cuba.

Daniel Y, Fernández Y, Rodríguez E, Valido A, González D (2019) Effect of Five Biostimulants on Sugar Cane Seedling Strengthening and Resistance to Transplantation. *Agrisost* 25(1): 1-7

Falcón AB, Costales D, González-Peña D, Nápoles MC (2015) Nuevos productos naturales para la agricultura: las oligosacarinas. *Cultivos Tropicales* 36(1): 111-129

George EF (2008) Plant propagation by tissue culture, 3rd edition, vol I. The background. En: George EF, Hall MA, De Klerk G-J (eds). *Plant tissue culture procedure-background*, pp. 1-28. Springer, Dordrecht

Gómez-Kosky R, Jaramillo DN, Esquiro CR, Villegas AB, Calimano MB, Armas PM, Daniels DD (2020) Effect of VIUSID Agro® and FitoMas-E® on the *ex vitro* acclimatization of sugarcane plants (*Saccharum* spp.) Cultivar C90–469. *Sugar Tech* 22: 42–51; doi: 10.1007/s12355-019-00752-7

González A, Castro J, Vera J, Moenne A (2013) Seaweed Oligosaccharides Stimulate Plant Growth by Enhancing Carbon and Nitrogen Assimilation, Basal Metabolism, and Cell Division. *J Plant Growth Regulator* 32: 443–448; doi: 10.1007/s00344-012-9309-1

- Hazarika B (2003) Acclimatization of tissue culture plants. *Current Science (Bangalore)* 85(12): 1704–1712
- Jiménez E, García L, Suárez M, Alvarado Y (1997) Instructivo técnico para la micropropagación de la caña de azúcar. Instituto de Biotecnología de las Plantas, Universidad Central de las Villas Marta Abreu, Santa Clara
- Jorge H, González R, Casas M, Jorge I (2011) Normas y Procedimientos del Programa de Mejoramiento Genético de la Caña de Azúcar en Cuba. PUBLINICA, La Habana
- Mariña de la HC, Fernández LG, Saborit MS, Castillo PF, Nieto MM (2005) Comportamiento de la planta de caña de azúcar tratada con Enerplant cultivada en suelos vertisoles. *Rev Electr Granma Cien* 9: 1-6
- Mesa JM, González R, Rodríguez M, Hernández GA, Jiménez AL, García H, González R, Almeida R, Guillén S, Alfonso I, Díaz FR, Torres I (2019) XXVI Reunión Nacional de Variedades, Semillas y Sanidad Vegetal. INICA, La Habana
- Núñez-Chávez LC, Ramírez-Rubio AG, Fernández-Fariñas G (2019) Efecto del Fitomas E y Enerplant en el rendimiento industrial de la caña de azúcar (*Saccharum* spp.) de la variedad CU 86-12. *Revista Granmense de Desarrollo Local* 3(1): 32-47
- Oliveira A, Urquiaga S, Döbereiner J, Baldani JI (2002) The effect of inoculating endophytic N₂-fixing bacteria on micropropagated sugarcane plants. *Plant and Soil* 242: 205–215; doi: 10.1023/A:1016249704336
- Portal Caña (2020) Área cultivada en el mundo con caña de azúcar y principales productores. Disponible en: <http://www.portalcania.com.ar>. Consultado 15/01/ 2021
- Pospíšilová J, Tichá I, Kadlec P, Haisel D, Plzák S (1999) Acclimatization of Micropropagated Plants to *ex vitro* Conditions. *Biologia Plantarum* 42: 481-497; doi: 10.1023/A:1002688208758
- Rivera AR, Gálvez YF, del Risco EG, Baños YH, Gutiérrez JAS (2018) A New Proposal for Sugar Cane Fertilization Based on Sustainable Land Management Practices. *Agrisost* 24(1): 52-58
- Rodríguez R, Aragon CE, Escalona M, Gonzalez-Olmedo J, Desjardins Y (2008) Carbon metabolism in leaves of micropropagated sugarcane during acclimatization phase. *In Vitro Cell Dev Biol-Plant* 44: 533–539; doi: 10.1007/s11627-008-9142-1
- Rodríguez R, Escalona M, Rodríguez Y, Cid M, González-Olmedo JL (2000) Aclimatización de plántulas de caña de azúcar (*Saccharum* sp. híbrido) provenientes de sistemas de inmersión temporal. *Cultivos Tropicales* 21(3): 51-56
- Rosell-Pardo R, Ramírez-Rubio AG (2018) Efecto de la aplicación de Enerplant en el rendimiento agro-industrial en retoño de la variedad de caña CU 86-12 (Original). *Redel Revista granmense de Desarrollo Local* 2(2): 27-40
- Tesfa M, Admassu B, Bantte K (2016) *In vitro* rooting and acclimatization of micropropagated elite sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) genotypes-N52 and N53. *Journal of Tissue Science and Engineering* 7: 164
- Yadav S, Nagaraja TE, Nagaraja TE, Lohithaswa HC, Lohithaswa HC, Shivakumar KV, Shivakumar KV (2020) Effect of Temperature, Humidity and Light Intensity on Micropropagated Sugarcane (*Saccharum* Species Hybrid) Genotypes. *Sugar tech* 22: 226-231; doi: 10.1007/s12355-019-00779-w

Recibido: 18-01-2021

Aceptado: 26-02-2021

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo una Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial 4.0 Internacional (CC BY-NC 4.0) <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/> Está permitido su uso, distribución o reproducción citando la fuente original y los autores.