

***MODIFICACIONES EN LA TÉCNICA DE SOLUCIÓN PARA
CRUZAMIENTOS DE CAÑA DE AZÚCAR (SACCHARUM SPP.)
EN CUBA***

***IMPROVEMENT OF THE SOLUTION TECHNIQUE FOR SUGARCANE
(SACCHARUM SPP.) CROSSING IN CUBA***

Victor Caraballos Torrecilla^{1}, Evelio Concepción Cruz¹
y Marlene Quintanilla Opizo¹*

*¹Estación Provincial de Investigaciones de la Caña de Azúcar, Carretera de Tres Palmas Km 1 ½,
Guayos, Sancti Spiritus, Cuba*

Recibido: Febrero 20, 2015; Revisado: Marzo 25, 2015; Aceptado: Abril 6, 2015

RESUMEN

La obtención de nuevos cultivares, más eficientes y productivos sustentan la industria azucarera cubana a través de programas de mejoramiento genético, para ello se necesita hacer un uso más amplio de la variabilidad genética, lo que se logra con la técnica de solución, pero su baja producción de posturas la ha limitado. El trabajo se realizó con el objetivo de modificar la técnica de solución que se emplea en los cruzamientos de la caña de azúcar en Cuba. El estudio se efectuó entre los años 1999 y 2004. Se partió de la comparación de la solución nutritiva usada en Cuba con la de otros países, la inclusión de un margullo al tallo femenino antes de montar el cruce y la comparación entre la antigua y nuevas técnicas de cruzamiento. Se concluyó que la solución nutritiva manejada en Australia resultó mejor que la usada en Cuba, pero los mejores avances se lograron con la adición de un margullo al colocar el tallo de la flor femenina en la solución, la que triplicó la producción de posturas de la variante sin margullo.

Palabras claves: caña de azúcar, mejoramiento genético, cruzamientos, soluciones.

ABSTRACT

The obtaining of new and more efficient and productive varieties of cultures sustain the Cuban sugar industry through programs of genetic improvement. For it, it is needed to

Copyright © 2015. Este es un artículo de acceso abierto, lo que permite su uso ilimitado, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea debidamente citada.

* Autor para la correspondencia: Víctor Caraballos, Email: victor.caraballos@inicass.azcuba.cu

make a wider use of the genetic variability, which is achieved with the nutritious solution technique, but its low production of seedling has limited it. The work was carried out with the objective of modifying the nutritious solution technique that is used under sugarcane crossing in Cuba. The study was made among the years 1999 and 2004. This article started from the comparison between the nutritious solution used in Cuba with that of other countries, the addition of a marcotting in feminine stalk before crossing and the comparison among the old and new crossing techniques. It was concluded that the nutritious solution handled in Australia was better than the one used in Cuba, but the best advances were achieved with the addition from a marcotting when mounting the stalk of the feminine flower, the one that triplicated the production of seedling of the previous variant.

Key words: sugarcane, breeding, crossing, nutritious solution

1. INTRODUCCIÓN

La industria azucarera cubana realiza un profundo proceso de reestructuración, cuyo objetivo central es la eficiencia económica, sobre la base de: elevación de los rendimientos en la producción agrícola, estas metas están sustentadas en la obtención de nuevos cultivares más eficientes y productivos a través de programas de mejoramiento genético, sobre el criterio de que éstos pueden ser responsables de al menos un 50% de los incrementos de producción agrícola y de azúcar (Matsuoka et al., 1995). Para ello, se necesita hacer uso de una más amplia variabilidad genética, que en el banco de germoplasma de Cuba es suficiente, pero con un nivel de explotación muy bajo, principalmente de las formas originales y géneros afines, Pérez (2009).

La mejor técnica de cruzamiento para cumplir con estos objetivos es la de solución, descubierta en Hawái en los años 20 del pasado siglo, donde las variedades exhiben diferencias considerables en su tolerancia, en la India la solución se volvió rápidamente tóxica, en Barbados sólo fue efectiva con el empleo de agua lluvia, en Luisiana el alto contenido de Sodio en el agua redujo su efectividad y en Mauricio y África del Sur el método fue insatisfactorio Heinz (1987).

Esta tecnología, muy valiosa por la alta variabilidad genética que permite manejar, al incrementar el número de progenitores y cruzamientos, se incorpora al Centro Nacional de Hibridación de Sancti Spíritus en 1998, y se utiliza durante cuatro campañas sucesivas, con baja producción de posturas, algo que la hacía inefectiva.

Es objetivo del presente trabajo, modificar la técnica de solución nutritiva que se utiliza en los cruzamientos de la caña de azúcar, para que permita aprovechar sus bondades e incrementar la producción de posturas.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se desarrolló en el Centro Nacional de Hibridación de la Caña de Azúcar ubicado en Sancti Spíritus, para ello se utilizaron los datos de cruces con la técnica de solución, empleados para obtener nuevas variedades en el período de 1999 a 2004 y otros cruces con el único fin de probar modificaciones para ésta técnica.

2.1. Comparación de la solución nutritiva empleada en Cuba con la de otros países

El sustento de los tallos florecidos en los cruzamientos de caña de azúcar de Cuba, empleando la técnica de solución, según (Jorge y col. 2011) está compuesto a base de los ácidos fosfórico, nítrico y sulfúrico, similar a las utilizadas en otros países Heinz (1987). El trabajo partió de comparar la solución nutritiva empleada por el Centro de Hibridación de Cuba, con las utilizadas en Australia y Mauricio, dos países líderes en el mejoramiento genético de la caña de azúcar, las que en el momento de iniciar este trabajo se desconocía el grado de similitud entre ellas.

En la comparación entre las soluciones se emplearon los cálculos que aparecen en Quintanilla (2012) para llegar a los resultados que se reflejan en la tabla 1.

Tabla 1. Concentraciones de la solución nutritiva, por países, según portadores

<i>Países</i>	<i>Portadores (ppm)</i>		
	<i>Ácido sulfúrico (H₂SO₄)</i>	<i>Ácido nítrico (HNO₃)</i>	<i>Ácido fosfórico (H₃PO₄)</i>
Cuba	51	25	24
Australia	37,5	37,5	78
Mauricio	25	25	50

Con toda la información de las concentraciones, se montaron cinco cruces, con cuatro réplicas, cada cruce fue repetido con las soluciones nutritivas utilizadas por los países mencionados: Cuba, Australia y Mauricio. Al finalizar se obtuvo, de cada cruce los valores de posturas, sobre la base de una muestra de 1g de la semilla, la que se puso a germinar en condiciones controladas (según metodología de Jorge y col. 2011), para la comparación se utilizó un análisis de varianza (ANOVA) factorial y los valores medios se compararon con una prueba de Tukey. Esto serviría de base para nuevos estudios.

2.2. Modificación de la tecnología de soluciones empleadas en cruzamientos de caña de azúcar de Cuba

El mejor resultado con las soluciones, obtenido del acápite anterior se comparó con la ubicación de un margullo en la parte central del tallo femenino, al momento de montar el cruce, para ello se empleó un nailon, que cubría tres entrenudos, el que fue atado en la parte inferior y llenado con una mezcla de suelo más materia orgánica, en proporción 2:1.

Para ello se montaron trece nuevos cruces, con cuatro réplicas, los que se cosecharon y compararon según la producción de posturas, el análisis estadístico realizado fue el mismo que en el caso anterior.

2.3. Comparación a mayor escala de las dos variantes de técnica de manejo de los tallos florecidos en solución nutritiva

La mejor variante con las modificaciones de los acápites anteriores fue comparada con la técnica de solución que se había empleado en Cuba hasta ese momento, para ello se tomaron los datos de la campaña 2001-2002, año de estudio inicial y otros cuatro años de uso de ambas variantes.

Al igual que en el caso anterior la variable evaluada fue la de posturas/g de semilla y se incorporó la de posturas por cruce. Al final se hacen comparaciones y valoraciones de la variante de solución nutritiva más útil en el contexto actual de modificaciones de manejo de la floración en Cuba, con la finalidad de hacer más eficiente el programa de mejora del cultivo.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Comparación de la solución nutritiva empleada en Cuba con la de otros países

Al comparar las medias para la interacción (cruce x solución), la concentración empleada en Australia reportó mayor cantidad de posturas/g en cuatro de los cinco cruces seleccionados (Tabla 2).

Tabla 2. Promedio de posturas/g de las soluciones nutritivas utilizadas en los países estudiados

<i>Cruce</i>	<i>Países</i>			<i>Promedio</i>
	<i>Australia</i>	<i>Mauricio</i>	<i>Cuba</i>	
B6368 x PC	4d	1d	1d	2c
C90-501 x PC	85a	65b	41c	64a
My54129 x PC	26c	4d	9d	13b
CP70-1133 x PC	31c	15d	8d	18b
L60-25 x PC	30c	7d	14d	17b
Promedio	29a	15b	12b	19

Valores de la interacción 15 (MDS) no hay diferencia para 0,05.

El único cruce donde no se detectó diferencia fue el de valores más bajos de la variable, mientras que el de valores más altos diferenció bien las tres variantes de soluciones analizadas, lo que corrobora el alto efecto que tiene el cruce en la variación total.

Algunas de las causas del peor comportamiento de la solución nutritiva de Cuba se pudiera deber a valores altos de ácido sulfúrico (51 ppm) e inferiores en las concentraciones de ácido fosfórico (24 ppm), este último elemento es crítico en el metabolismo de las plantas, desempeñando un papel importante en la transferencia de energía, respiración y fotosíntesis, también influye en el proceso de maduración, además este elemento es un componente estructural de los ácidos nucleicos de los genes y cromosomas, por esta razón, el fósforo está íntimamente relacionado con la herencia o transferencia de información genética durante todo el desarrollo de la planta, Cortegaza (2010).

Las causas de que en Cuba se empleara una concentración de la solución nutritiva, diferente a estos países estudiados, no se pudieron determinar.

3.2. Modificación de la técnica de soluciones empleadas en cruzamientos de caña de azúcar de Cuba

A pesar de que se incrementó la producción de posturas con la concentración de la solución empleada en Australia, esta resultaba todavía baja, por ello se probaron otras variantes, donde la que mejor resultado alcanzó fue la que incluía un margullo al momento de ubicar el tallo femenino en el cruzamiento.

En ninguno de los cruces la ausencia del margullo logró valores significativos superiores a su empleo, pues en seis de los 13 cruzamientos analizados, la mayor producción de posturas se obtuvo con la variante de la solución nutritiva con margullo, para el resto no hubo diferencias significativas (Tabla 3).

Tabla 3. Promedio de las posturas/g para los trece cruces en las dos variantes de solución nutritiva para cruzamientos

<i>Cruces</i>	<i>Solución sin margullo</i>	<i>Solución con margullo</i>
B45181 x PC	6h	48cd
C147-76 x PC	8gh	31ef
C229-84 x PC	21efgh	63bc
C86-12 x PC	36de	26efg
C88-553 x PC	7h	111a
C90-501 x PC	55bc	100a
Co281 x PC	7h	11gh
CP48-103 x PC	9gh	22fgh
CP52-43 x PC	26ef	29ef
CP72-356 x PC	29e	72b
HG90-72 x PC	15fgh	13gh
M165-38 x PC	9gh	12gh
Pomex72 x PC	23efgh	38de
Promedio	19b	44a

Valores de la interacción 15 (MDS) no hay diferencia para 0,05 de probabilidad.

Las diferencias entre las técnicas de solución, pudieran deberse a que al enraizar el tallo dentro del margullo, estas raíces nutren a la planta y asumen el suministro de alimentos de la solución, algo que se hace crítico en las etapas finales del cruce, al perder su capacidad de absorción.

Es importante destacar que no se conocen reportes por ningún país, de esta variante de empleo del margullo y la solución nutritiva lo que hace este resultado muy novedoso, además aporta grandes perspectivas para su uso con fines de obtener nuevas y mejores variedades debidos a:

- Mayor uso de la variabilidad genética.
- Menos gastos de recursos materiales y humanos.
- Menos esfuerzos físico de los que trasladan las flores.
- Ahorro de espacio en la casa de los cruzamientos, al poder liberar los bolsos de aislamiento y ejecutar nuevas combinaciones de progenitores.
- Mayor calidad del cruce al poder seleccionar la mejor flor en el campo.

3.3. Comparación a mayor escala de las dos variantes de técnica de manejo de los tallos florecidos en solución nutritiva.

En la tabla 4 se corrobora que la peor técnica en la producción de posturas fue la solución sin margullo, pero al ponerle un margullo en el tallo femenino florecido, la producción de posturas se incrementa, en todas las variables evaluadas.

Tabla 4. Producción de posturas (por cruce y por gramo) en las diferentes técnicas en la campaña 2001/2002

<i>Técnica</i>	<i>Posturas/cruce</i>	<i>Posturas/g</i>	<i>Cruces</i>	<i>Posturas Totales</i>
Solución sin Margullo	324	15	101	32 716
Solución con Margullo	1087	40	226	245 706
Incremento	3,35	2,7	2,2	7,5

Con el montaje de 2,2 veces más cruces con la solución con margullo se logró obtener 7,5 veces más posturas que cuando se utiliza la técnica tradicional.

Al analizar los resultados de cuatro años evaluados se hace más marcada la diferencia, la que como promedio es tres veces superior para la solución con margullo (Tabla 5).

Tabla 5. Producción de posturas de las técnicas de solución (según datos históricos de cuatro años de cruzamientos en Sancti Spíritus)

<i>Indicador</i>	<i>Solución sin Margullo</i>	<i>Solución con Margullo</i>
Cruces (No.)	917	857
Total posturas	198 824	813 379
Posturas/cruce	232	887
Posturas/g	13	39

De no haberse encontrado esta variante no se pudiera aplicar con tanto éxito la estrategia para incrementar la explotación de los recursos fitogenéticos en el mejoramiento de la caña de azúcar mediante el manejo de la floración recomendada por Caraballosa (2012) y aplicada por (Caraballosa y col. 2014), debido a la baja producción de posturas de la técnica de solución, única que puede servir para lograr una buena sincronización de la floración, según experiencia de los autores.

Los cultivares actuales son híbridos interespecíficos donde domina la aneuploidía y la complejidad de su genoma con una gran cantidad de cromosomas homólogos (Moore y Botha, 2014), los resultados de este trabajo son una contribución a la incorporación de mayor variabilidad genética al mejoramiento del cultivo a partir de la existencia de una estrategia que permite el manejo de la variabilidad existente en el banco de germoplasma cubano (Caraballosa y col. 2012) y permitirá incorporar cultivares más productivos que ayuden a la recuperación de la industria azucarera cubana, en un contexto donde el cambio climático tiene un alto impacto sobre la flor (Caraballosa y col. 2013), órgano que permite el mejoramiento de esta gramínea y del que se conocen las potencialidades de la región central para hacer frente a estos cambios (Caraballosa y col. 2011).

4. CONCLUSIONES

- La solución nutritiva manejada en Australia resultó mejor que la usada en Cuba al aumentar la producción de posturas en cruces montados en solución.

- La modificación de la técnica de cruces en solución, con el uso de un margullo, logró triplicar la producción de posturas respecto a la empleada sin margullo tradicionalmente en Cuba.

REFERENCIAS

- Carballoso, V., González, A. y Rodríguez, R. Potencialidades de la región central de Cuba para el uso de la floración en el mejoramiento genético de la caña de azúcar (*Saccharum*spp.), Infociencia. 2011, pp. 4-6.
- Carballoso, V., Propuesta de estrategia para incrementar la explotación de los recursos fitogenéticos en el mejoramiento de la caña de azúcar (*Saccharum*spp.) mediante el manejo de la floración. Tesis de Doctorado. La Habana: Universidad Agraria de La Habana. 2012. pp.50-94.
- Carballoso, V., Jorge, H., García, H., González, A., Bernal, N., Céspedes, A., Rodríguez, R., Puchades, Y., Arencibia, A., Management Flowering Ability to Increase Efficiency in the Sugarcane Breeding Program. Sugar Tech., 2012, Vol. 35 enero 2012. pp. 4-6.
- Carballoso, V. García, H., Jorge, H., y García, M., Posibles impactos del cambio climático sobre la floración de la caña de azúcar (*Saccharum*spp.) en la región central de Cuba., Centro Azúcar, Vol. 40, No. 3, 2013, pp. 39-45.
- Carballoso, V., García, H., Jorge, H., Mesa, J., Rábago, R., Incremento del cumplimiento de los programas de cruces a partir una mayor sincronización de la floración entre progenitores de caña de azúcar (*Saccharum*spp.), Premio Innovación Tecnológica CITMA Sancti Spíritus 2014.
- Cortegaza, P. L., Perfeccionamiento de los criterios para la fertilización fosfórica de la caña de azúcar en Cuba., Tesis de Doctorado., La Habana: Universidad Agraria de La Habana, 2010, pp. 45-56.
- Heinz, D.J. (Ed.): Sugarcane improvement through breeding., Elsevier, Amsterdam: 1987, pp. 313-340.
- Jorge, H., González, R., Casas, M. A. e Ibis Jorge (Ed.). Normas y procedimientos del programa de mejora genética de la Caña de Azúcar en Cuba., Revista Cuba & Caña, Publica. Vol. 32 (único). 2011. pp. 115-146.
- Matsuoka, S., Arizono, H., Bassinello, A. I., Gheller, A. C. A., Hoffmann, H. P. é Masuda, Y., Variedades superprecoces da cana-de-acúcar., Acool & Acúcar, Vol. 78, No. 1, 1995, pp. 22-30.
- Moore, P.H. and Botha, F. C., Sugarcane: Physiology, Biochemistry, and Functional Biology., John Wiley and Sons, Inc. USA, 2014, pp. 35-95.
- Pérez, G., Composición genética del Banco de Germoplasma de Cuba., Proyecto presentado al CITMA, 2009.
- Quintanilla, M., Perfeccionamiento de la tecnología de solución para el manejo de cruzamientos de caña de azúcar (*Saccharum*spp.) en el Centro Nacional de Hibridación., Trabajo de diploma ingeniería en procesos agroindustriales. Universidad Sancti Spíritus, 2012, pp. 22-24.