

Aplicación de potasio en variedades de caña de azúcar: efectos en la productividad y en el ataque del taladrador de la caña

Potassium application in sugarcane varieties: effects on sugarcane yield and borer attack

Jimmy Walter Rasche Alvarez^{1*}, Víctor Adolfo Gómez López¹, Claudia Carolina Cabral Antúnez¹, Eduardo Augusto Muller², Gilmar Luiz Schaefer², Gerson Drescher² y María Bernarda Ramírez de López¹

¹ Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción. San Lorenzo, Paraguay.

² Programa de Pós Graduação em Ciências do Solo, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil.

*Autor para correspondencia (jwrasche@yahoo.com.ar).

Recibido: 24/10/2012; Aceptado: 21/12/2012.

RESUMEN

La caña de azúcar posee múltiples usos, tanto en la alimentación como en la producción de energía. Para la obtención de altas productividades se debe aplicar tecnologías y técnicas que mejoren la calidad del producto en armonía con el ambiente. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la fertilización potásica sobre la producción de dos cultivares de caña de azúcar y el ataque del taladrador (*Diatraea saccharalis*), en condiciones de campo. Se condujo un experimento en el área experimental del Departamento de Suelos de la Universidad Federal de Santa María, RS, Brasil. El arreglo experimental fue bifactorial, siendo el primer factor dos cultivares (RB-956911 y SP81-3250), el segundo factor la aplicación de cuatro dosis de potasio (0, 40, 80 y 120 kg ha⁻¹ de K₂O). Se evaluaron: a) la longitud de la parte industrial (LPI), b) diámetro del tallo, c) número de entrenudos, d) número de tallos, e) rendimiento, f) °Brix, g) Intensidad de Infestación (II) y h) el Índice de Intensidad de Infestación (III). El rendimiento del cultivar RB-956911 y SP81-3250 fue de 102,3 y 121,8 Mg ha⁻¹, respectivamente, el °Brix de 18,61 y 18,03, respectivamente. La II y el III no fueron afectados por el cultivar, presentando valores de II de 3,71 y 4,08 y de III de 4,27 y 4,82, respectivamente para el cultivar RB-956911 y SP81-3250. La fertilización potásica no afecta la producción de caña de azúcar, ni el °Brix, sin embargo, tiende a disminuir el ataque del taladrador de la caña de azúcar.

Palabras clave: Trofobiosis, *Diatraea saccharalis*, broca de la caña, fertilización potásica, caña de azúcar.

ABSTRACT

Sugar cane has many uses, both for food and energy production. To obtain high productivity, all available technologies seeking to improve product quality in harmony with the environment should be applied. The aim of this study was to evaluate the effect of potassium fertilization on the production of two sugarcane variety and on the attack of *Diatraea saccharalis*, under field conditions. A two factorial experiment containing, two sugarcane varieties (RB-956911 and SP81-3250); and four K rates (0, 40, 80 and 120 kg K₂O ha⁻¹) was carried out at the research field area of Federal University of Santa Maria, RS, Brazil during 2011-12. We assessed a) sugarcane stalk length, b) stem diameter; c) number of internodes, d) number of stalk ha⁻¹, e) stalk yield, f) °Brix g) Intensity of Infestation (II), and h) Intensity of infestation Index (III). Results indicated that, the stalk yields of RB-956911 and SP81-3250 was 102,3 and 121,8 Mg ha⁻¹, respectively. The °Brix was between 18.61 and 18.03, respectively. The II and III were not affected by variety, with II of 3.71 and 4.08 and the III of 4.27 and 4.82, respectively for sugarcane variety RB-956911 and SP81-3250. Potassium fertilization does not affect the stalk yield and Brix, however, tends to reduce borer attack on sugarcane.

Key words: Trophobiosis, *Diatraea saccharalis*, potassium rates in sugarcane, sugarcane borer.

INTRODUCCIÓN

La caña de azúcar es originaria del Malasia, de donde llegó a España en el siglo IX, a través del continente euroasiático, de España llegó a América en el siglo XV (Álvarez y Benítez 1996). El Brasil es el mayor productor de caña de azúcar en el mundo, con una superficie sembrada de más de 8,5 millones de hectáreas, no obstante, la producción promedio es de 77 Mg ha⁻¹, considerada baja comparada con la producción promedio de otros países (Orlando Filho et al. 1996). En Rio Grande do Sul (RS) el rendimiento promedio no supera los 50 Mg ha⁻¹ (CONAB 2011). El bajo rendimiento en RS, se debe en parte al clima (Canal y Matzenbacher, 1986), y a otros factores como la falta de inversión en renovación de cultivares (Moraes 2012) y escasa aplicación de fertilizantes.

En RS, la caña de azúcar ocupa unas 37.000 ha (CONAB 2011), donde está arraigada en la agricultura familiar, porque la misma es utilizada en la producción de agua ardiente, azúcar, azúcar morena, miel negra, además de su utilización en la alimentación animal. Considerando que en los últimos años las precipitaciones fueron menores a lo normal, se está analizando la caña de azúcar como un cultivo estratégico, como suplemento de alimentación al ganado, ya que la misma no es afectada por la sequía como otros cultivos, por ser de ciclo anual. Box (1950) citado por Gómez y Lastra (1995), reportó alrededor de 1.300 especies de insectos que se alimentan de caña de azúcar a nivel mundial. Sin embargo, comenta que la principal plaga de la caña de azúcar es un lepidóptero que ataca el tallo, denominado taladrador de la caña de azúcar (*Diatraea saccharalis*).

Diatraea saccharalis (Fabr. 1874) (Lepidoptera: Crambidae) es un insecto con metamorfosis completa (Hayward 1943; Dossi et al. 2004), conocido en toda América, donde causa diversos daños, denominado comúnmente broca, taladrador o barrenador de la caña, y es la principal plaga de la caña de azúcar en el Cono sur (Link et al. 1981, Benítez 1988, Gallo et al. 2002).

El ciclo de vida del taladrador es de unos 43 días en el laboratorio a 28°C; sin embargo, en el campo, el ciclo de vida dura entre 30 y 45 días en el verano, pudiendo presentar de cuatro a cinco generaciones al año (Legaspi et al. 2008). El adulto vive en promedio siete días y una hembra puede poner 600 huevos durante su vida (Campos Farinha 1996).

La fase larval dura entre 9 a 14 días (Legaspi et al. 2008) y es la que ocasiona perjuicios al cultivo. Su ocurrencia puede ser extremadamente destructiva, llegando a inviabilizar la actividad dependiendo de la intensidad del ataque (Benítez 1988; Macedo 2000). Si la caña es joven

el taladrador puede causar la muerte del ápice del cogollero y posterior muerte de la planta (Macedo 2000). Los daños indirectos por apertura de galerías facilita la entrada de microorganismos que perjudican el proceso de producción de azúcar, por la inversión de la sacarosa a otros azúcares que no se cristalizan y la producción de alcohol, debido a que las bacterias compiten con las levaduras responsables de la fermentación alcohólica, disminuyendo el volumen final de alcohol producido, llegando las pérdidas a 35 kg de azúcar ha⁻¹ y 30 L de alcohol ha⁻¹ por cada 1% de nudos atacados (Benítez 1988; Marín 2004).

Estudios realizados por Precetti et al. (1988) demuestran que para cada 1% de infestación, la pérdida causada es de 0,370 kg de azúcar o 0,165 L de alcohol por cada tonelada de caña azúcar, es decir de cada 130 ha con rendimiento de 90 Mg ha⁻¹, se pierde 1,3 ha o 117 Mg de caña de azúcar. Gallo et al. (2002) sostienen que cuando el índice de intensidad de infestación (III) es inferior al 5% se denomina de "baja infestación"; de 6 a 10% "infestación moderada"; de 11 a 15% infestación regular; de 16 a 25% elevado y mayor a 25% "muy elevada".

En Rio Grande do Sul como en otras regiones del Cono sur, como el caso de Paraguay, existen pocos estudios relacionados con la infestación del taladrador de la caña de azúcar, sin embargo, los estudios existentes demuestran alta incidencia (Link et al. 1981, Lugo 2007, Domínguez 2008, Rieder 2009, Fernandez 2011). Existen varios factores que influyen en el ataque del taladrador de la caña de azúcar, factores ambientales que permiten mayor o menor grado de infestación (Oliveira et al. 2009), cultivares de susceptibilidad diferentes (Lugo 2007, Domínguez 2008, Dinardo-Miranda et al. 2012) y el manejo del cultivo, entre ellos la fertilización del cultivo que puede influir en mayor o menor ataque del taladrador de la caña de azúcar (Teran 1979, Polito 2006, Delgado 2010).

El potasio (K) es importante en el metabolismo de las plantas, teniendo activa participación en la activación enzimática, migración de aminoácidos libres, síntesis de proteínas, fosforilación y síntesis de ATP, además en la apertura y cierre de estomas (Chaboussou 2006). El potasio es uno de los nutrientes que más necesita la caña de azúcar, y el que se exporta en mayor cantidad. Siendo así es muy común encontrar trabajos donde la fertilización potásica ha proporcionado aumentos de rendimiento (Weber et al. 2001, Rossetto et al. 2004, Otto et al. 2010), no obstante, en la literatura también se encuentran trabajos en donde no se ha observado respuesta de la caña de azúcar a la fertilización potásica (Reis y Cavala-Rosand 1986, Delgado 2010).

La deficiencia de K afecta la asimilación de nitrato por el aumento de la relación N soluble/K, aumentando la concentración de compuestos como glutamina, asparagina, ácido aspártico, ácido glutámico, arginina, putrescina y amonio en la fracción no proteica, finalmente afectando la producción de biomasa (Silveira y Crocomo 1989). Plantas con deficiencia de K, tienden a absorber mayor cantidad de Calcio (Ca) y Magnesio (Mg) (Silveira 1989). Reis (2001) sugiere que en la fertilización con K, además de considerar el tenor de K en el suelo, se debe considerar la relación existente con el Ca y el Mg, donde mientras mayor sea la relación entre $K/(Ca+Mg)^{1/2}$ hay menor probabilidad de respuesta de la aplicación potásica, debido al desequilibrio en la fertilización, siendo que suelos que presenten relación $K/(Ca+Mg)^{1/2}$ inferior a 0,2549 poseen alta posibilidad de respuesta a la fertilización potásica. Sin embargo existen autores que argumentan existir poca interacción entre el K y elementos como el Ca y el Mg (Rossetto et al. 2004).

Al contrario de lo que ocurre con la fertilización nitrogenada, generalmente se atribuye mayor resistencia de las plantas a plagas o enfermedades, mientras mayor sea la concentración de potasio en la planta (Chaboussou 2006). Bortoli et al. (2005), constataron que con mayor dosis de K en sorgo, hubo disminución del daño ocasionado por *D. saccharalis*, no obstante, la plaga tuvo mejor desarrollo con dosis elevadas de K, por su parte Delgado (2010) observó que la aplicación de potasio favoreció el aumento del ataque del taladrador de la caña-planta, sin embargo, no hubo aumento lineal entre la dosis de K aplicado y el aumento del III en la caña de azúcar, encontrando valores entre 16,7% y 29,5%.

Por tanto, el objetivo de la investigación es evaluar el efecto de la aplicación de fertilizante potásico sobre la producción de dos cultivares de caña de azúcar y sobre la incidencia del ataque del taladrador de la caña de azúcar, en condiciones de campo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en el campo experimental del Departamento de Suelos del Centro de Ciencias Rurales de la Universidad Federal de Santa María, Sede Santa María, Brasil en el periodo comprendido entre julio del 2011 y agosto del 2012.

El cultivo de caña de azúcar evaluado fue de segundo año (primer año de caña soca). Por lo tanto primeramente, se describe lo que se realizó en el año 2011 en la implantación inicial del experimento y posteriormente lo realizado en el 2012. Inicialmente el suelo presentaba las siguientes características: arcilla 14 g kg⁻¹; pH (H₂O) 4,9; P 20 mg kg⁻¹; materia orgánica 16 g kg⁻¹; H+Al, Al⁺³, Ca⁺², Mg⁺² y K⁺ en concentraciones de 6,6; 1,4; 1,6 y 0,6 cmol_c

kg⁻¹, respectivamente. El K⁺ presentó concentración de 0,2 cmol_c kg⁻¹, considerada concentración media según la CQFS-RS/SC 2004.

En la implantación del experimento, el pH del área fue elevado a 6,5 mediante la aplicación de cal agrícola dolomítica. Una vez aplicada la cal agrícola se procedió a incorporar al suelo, a una profundidad de 0,25 m mediante una arada y posterior rastreada. Seguidamente se abrieron surcos de 0,20 m de profundidad con espacio entre surcos de 1,4 m. Posteriormente fueron implantados los cultivares RB-956911 y SP81-3250 el 20 de setiembre del 2010, con densidad poblacional de 12 yemas por metro lineal. En julio del 2011 se cosechó la caña de los experimentos pero esos resultados no fueron llevados en cuenta en el presente estudio. Considerando que en el 2012 se estudiaría el efecto de la fertilización de la caña de azúcar sobre el ataque del taladrador de la caña, no se efectuó ningún control del taladrador en la caña soca de primer año.

Se utilizó un diseño experimental bifactorial, siendo el primer factor los dos cultivares (RB-956911 y SP81-3250), el segundo factor la aplicación de cuatro dosis de potasio (0, 40, 80 y 120 kg ha⁻¹ de K₂O). Cada tratamiento tuvo cuatro repeticiones, totalizando 32 unidades experimentales. Las unidades experimentales estaban formadas por 4 hileras de 4 m de largo distanciadas por 1,4 m (22,4 m²), totalizando 716,8 m² de experimento.

En agosto del 2011, fueron aplicadas las dosis de potasio, en la forma de KCl (0-0-60), la mitad en el surco de siembra y la otra mitad al voleo, distribuidas homogéneamente en la parcela. En todas las unidades experimentales fueron aplicados 120 kg ha⁻¹ de N y 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅. El fósforo fue aplicado en su totalidad en el surco de siembra, mientras que el nitrógeno fue aplicado 20 kg ha⁻¹ en el surco y lo restante en dos aplicaciones de cobertura a los 3 y 6 meses del inicio de la brotación. El experimento fue irrigado con aspersores cada semana (cuando no llovía). El año agrícola 2011/2012 fue bastante seco, la cantidad de agua de riego aplicada fue de 25 mm en cada aplicación.

A los 12 meses de haber aplicado los tratamientos fueron cosechados 2,8 m² de cada unidad experimental. Para las mediciones se utilizaron 20 cañas por unidad experimental y en las mismas fueron analizadas: a) longitud de la parte industrial (LPI), b) diámetro de la base del tallo, c) número total de entrenudos, d) número total de tallos, e) rendimiento, f) °Brix, g) Intensidad de Infestación (II) y h) el Índice de Intensidad de Infestación (III).

Inicialmente se cortó la caña y se determinó la longitud de la parte industrial (LPI) y el diámetro medio del tallo. Posteriormente se determinó el número de tallos, donde

fueron contabilizados el número de cañas extraídas en el área útil y luego transformados a tallos ha^{-1} . De los mismos tallos, se determinó el número de entrenudos por planta, del cual se obtuvo el número de entrenudos por unidad experimental. La caña extraída en el área útil fue pesada posteriormente y el rendimiento expresado en Mg ha^{-1} .

Finalmente, se determinó la incidencia de la fertilización potásica sobre la infestación del taladrador de la caña de azúcar, mediante la Intensidad de Infestación (II) e Índice de Intensidad de Infestación (III), según la metodología de Yopez y Linares (1987). Para determinar el II fueron tomados los 20 tallos por cada unidad experimental utilizados anteriormente y se contó el número de entrenudos totales y perforados por el taladrador mediante la fórmula:

$$II = \frac{NEP}{NET} * 100 \quad (1)$$

Dónde: II = Intensidad de Infestación; NEP = N° de entrenudos perforados; NET = N° de entrenudos totales. El resultado es multiplicado por 100 para obtener los datos en porcentaje.

El III se refiere al porcentaje de entrenudos con daño internamente, por lo tanto, fue necesario realizar cortes longitudinales en cada tallo; esto es poco práctico para ser utilizado a nivel comercial; no obstante, es el valor más real con respecto al daño producido por los taladradores, siendo de suma importancia cuando se realiza investigaciones sobre resistencia varietal. Para determinar el III de daño ocasionado por el taladrador de la caña fueron tomados los 20 tallos por cada unidad experimental, abiertos mediante cortes longitudinales en cada tallo y se contó el número de entrenudos totales y dañados por el taladrador mediante la fórmula:

$$III = \frac{NED}{NET} * 100 \quad (2)$$

Dónde: III = Índice de Intensidad de Infestación; NED = N° de entrenudos dañados; NET = N° de entrenudos totales. El resultado fue multiplicado por 100 para obtener los datos en porcentaje.

Para la determinación del grado Brix ($^{\circ}\text{Brix}$) se tomó 5 plantas por unidad experimental, se extrajo jugo de la parte media del tallo y se goteó sobre un refractómetro manual.

El análisis estadístico de los datos se realizó con el empleo del paquete estadístico ASSISTAT BETA 7,6 (2011). Inicialmente se realizó el análisis de varianza. En los casos donde hubo diferencia significativa, en los parámetros evaluados por efecto de las variedades, se realizó comparación de medias utilizando el Test de Tukey al 5% y 1%, y análisis de regresión en las variables

evaluadas que presentaron diferencia significativa por efecto de las dosis de fertilizantes aplicados. Fue determinado el coeficiente de correlación de Pearson entre las diversas variables evaluadas, considerando la media de cada unidad experimental, aplicando la siguiente fórmula:

$$r_{x,y} = \frac{\text{Cov}(X,Y)}{\sigma_x \sigma_y} \quad (3)$$

Donde: Cov = covarianza, X e Y = al promedio de las muestras de cada matriz, en este caso la unidad experimental y σ = desvío estándar de cada matriz. Cuando r es mayor a 0,7 hay fuerte correlación, r entre 0,7 a 0,3 indica correlación moderada y r menor a 0,3 indica baja correlación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El cultivar SP81-3250 presentó mayor longitud de la parte industrial (LPI) (204,5 cm), que el cultivar RB-956911 (191,8 cm) (**Tabla 1**). No obstante, la fertilización potásica no tuvo influencia sobre la LPI, donde los valores variaron entre 190,7 cm y 201 cm. Hanauer (2011), en Santa María, RS y Morais (2012), en Santiago, RS, constataron que la LPI varió entre cultivares y entre caña soca y caña planta. Los valores encontrados por ambos fueron muy similares al del presente estudio, donde Morais (2012) en caña soca encontró valores de 173,2 cm a 217,6 cm, con promedio de 198,6 cm, y Hanauer (2011) valores entre 184 cm y 237,5 cm.

El diámetro de la base de la parte industrial fue superior en el cultivar RB-956911 (3,03 cm) que en el SP81-3250 (2,87 cm), por lo tanto, el cultivar RB-956911 posee menor altura, pero mayor diámetro que el SP81-3250 (**Tabla 1**). Morais (2012), constató que en media la caña soca presentó 3,1 cm de diámetro con valores entre 2,78 cm a 3,18 cm. Esta característica puede influenciar en la disminución del rompimiento de las cañas atacadas por el taladrador de la caña de azúcar, principalmente cuando ocurran vientos fuertes, causando pérdidas económicas en el cultivo.

En relación al número de entrenudos de la parte industrial, no se encontró diferencia, ya sea por efecto del cultivar, como por efecto de la aplicación de potasio (**Tabla 1**). Delgado (2010), en Paraguarí, no encontró diferencia en el número de entrenudos con dosis crecientes de potasio, donde el número de entrenudos promedio por caña varió entre 17 y 20. Resultados similares obtuvieron Rieder (2009) y Medina (2010) evaluando diferentes formas de fertilizantes. Sin embargo, Hanauer (2011), constató diferencias en el número de entrenudo entre cultivares y entre años de evaluación. Ferreira et al. (2006) y Suguitani (2007) sostienen que las variables que mejor se correlacionan con la productividad son el número de

entrenados, la altura de planta, diámetro del tallo y número de tallos por superficie. El cultivar SP81-3250 presentó mayor número de cañas (122.768 cañas ha⁻¹) que el cultivar RB-956911 (108.928 cañas ha⁻¹) (**Tabla 1**).

Tabla 1. Longitud media de la parte industrial (LPI), diámetro, número de entrenados y número de caña de los cultivares RB-956911 y SP81-3250 con aplicación de dosis creciente de potasio. Santa María, RS, Brasil, 2012.

Factor 1 (Cultivar)	LPI (cm)	Diámetro (cm)	N° de Entrenados	N° de Producción (ha)
RB-956911	191,8 b	3,03 a**	12,2 ^{ns}	108.928 b**
SP81-3250	204,5 a	2,87 b	11,8	122.768 a
Factor 2 (Dosis de K₂O en kg ha⁻¹)				
0	191,6 ^{ns}	2,91 ^{ns}	12,0 ^{ns}	112.946 ^{ns}
40	202,1	2,95	12,3	115.179
80	207,1	3,01	11,7	116.964
120	191,7	2,92	11,9	118.303
CV (%)	7,50	3,90	9,62	15,52

* Significativo a $P \leq 0,05$; ** Significativo a $P \leq 0,01$. Medias seguidas por diferentes letras en la columna difieren estadísticamente según el test de Tukey. ^{ns}: No significativo

De manera similar al presente experimento, Morais (2012), observó que hubo variación entre cultivares en relación al número de cañas, variando de 88.700 cañas ha⁻¹ a 141.500 cañas ha⁻¹ con promedio de 110.300 cañas ha⁻¹. No se observó diferencia en el número promedio de cañas por hectárea por efecto de la aplicación de potasio (**Tabla 1**). Aunque el número de cañas por hectárea no fue afectado por la fertilización potásica (112.946 a 118.303 cañas ha⁻¹), hubo tendencia de aumentar la cantidad de cañas con el aumento de la dosis de fertilizante.

Delgado (2010), aplicando dosis creciente de potasio en el cultivar RB-72454, no observó diferencia en el número promedio de cañas en un experimento localizado en Paraguarí. El número promedio de tallos por hectárea obtenido por Delgado (2010) fue de 49.630 a 67.222, muy inferior al obtenido en esta investigación.

El aumento del número de cañas entre cultivares es contradictorio, ya que existen experimentos donde no ocurre variación entre cultivares, tampoco es muy claro el efecto de la fertilización, pues hay trabajos donde se observó aumento del número de cañas por efecto de la fertilización (Rieder 2009; Medina 2010) y otros donde no se observa diferencia (Delgado 2010; Fernandez 2011). Aplicando el análisis de Pearson se encontró baja correlación entre el diámetro de la caña y el rendimiento (-0,27) y entre el número de entrenados y el rendimiento (-0,29). Por otro lado hay moderada correlación entre la LPI y el rendimiento (0,58), así como el número de cañas ha⁻¹ y el rendimiento (0,69).

El rendimiento de la caña de azúcar fue afectado por el cultivar, pero no por la aplicación de fertilizante potásico (**Tabla 2**). No hubo interacción entre cultivar y dosis de potasio para el rendimiento. En el experimento con aplicación de fertilizante potásico, el cultivar SP81-3250 presentó en promedio mayor rendimiento (121,8 Mg ha⁻¹) que el cultivar RB-956911 (102,3 Mg ha⁻¹). El rendimiento de la caña de azúcar entre las diferentes dosis de potasio aplicado, varió entre 107,2 a 120,4 Mg ha⁻¹. Delgado (2010) tampoco observó respuesta de la caña de azúcar a la aplicación de potasio, sin embargo, el rendimiento obtenido fue de apenas 42 a 46 Mg ha⁻¹, inferior al obtenido en el presente experimento.

Tabla 2. Rendimiento, Grado Brix (°Brix), Intensidad de Infestación (II) y el Índice de Intensidad de Infestación (III) promedio en los cultivares RB-956911 y SP81-3250 con la aplicación de dosis creciente de fertilizante potásico. Santa María, RS, Brasil, 2012.

Factor 1 (Cultivar)	Rendimiento (Mg ha ⁻¹)	°Brix (%)	II (%)	III (%)
RB-956911	102,3 b	18,61 ^a	4,08 ^{ns}	4,82 ^{ns}
SP81-3250	121,8 a	18,03 b	3,71	4,27
Factor 2 (Dosis de K₂O en kg ha⁻¹)				
0	107,2 ^{ns}	18,2 ^{ns}	4,08 ab	4,76 ab
40	109,3	18,6	4,94 a	5,69 a
80	120,4	18,4	3,95 ab	4,43 ab
120	111,2	17,2	2,62 b	3,29 b
CV	16,25	2,85	35,60	36,39

* Significativo a $P \leq 0,05$ Test de Tukey. Medias seguidas por diferentes letras en la columna difieren estadísticamente. ^{ns}: No significativo

La falta de respuesta a la fertilización potásica, se debe en parte a que naturalmente los suelos donde se instaló el experimento poseen niveles de K por encima del nivel crítico para este nutriente, no obstante, aunque no se ha observado respuesta a la aplicación de K, es importante mantener el K del suelo en niveles adecuados que permitan suplir las necesidades del cultivo de la caña de azúcar, pues este elemento es exportado en grandes cantidades por la caña de azúcar. La falta de aplicación de potasio, de manera a reponer lo extraído por el cultivo llevará a su deficiencia en pocos años de uso del suelo, y considerando que el potasio es importante en la activación de varias enzimas, así como en la regulación osmótica de la planta, además de factores como asimilación de nitrato, resistencia de la planta a condiciones adversas como frío o sequía, finalmente afectará la producción de biomasa (Silveira y Crocomo 1989).

El °Brix de la caña de azúcar fue afectado por el cultivar, pero no por la aplicación de K (**Tabla 2**). No hubo

interacción entre cultivar y dosis de potasio para el °Brix. El cultivar RB-956911 posee mayor °Brix que el SP81-3250. Era de esperarse que a mayor dosis de K hubiera mayor concentración de azúcar, sin embargo, en el experimento no se observa este hecho. La diferencia en concentración de azúcar entre cultivares es normal, pues la mayor parte de los nuevos cultivares lanzados al mercado poseen alto tenor de azúcar. Muller (2013) en un experimento en Santa Maria, RS, Br, constató que la aplicación de K en la caña planta, no afectó el °Brix en los cultivares, donde el cultivar RB-956911, presentó valores entre 18,8 °Brix y 19,5 °Brix y el cultivar SP81-3250 presentó valores entre 18,7 °Brix y 19,6 °Brix. Korndörfer (1990) sostiene que el potasio es fundamental en la asimilación de carbono, así como en la síntesis y translocación de proteínas y carbohidratos, siendo que, ante la deficiencia de este elemento en la planta, estas presentan mayores cantidades de azúcares reductores que de sacarosa en la célula, por lo tanto, se podría esperar que la fertilización potásica tuviera efecto sobre el contenido de sacarosa en la caña, cosa que no ocurrió. Bortoli et al. (2005) no observaron aumento del contenido de azúcar soluble, nitrógeno total o tanino soluble por la aplicación de dosis crecientes de potasio.

En el experimento de fertilización potásica, la II, así como el III, no fueron influenciados por el cultivar, sin embargo, la aplicación de fertilizante potásico alteró la II y el III (**Tabla 2**). No hubo interacción entre cultivar y dosis de potasio para II e III. El III fue bastante bajo en ambos cultivares alcanzando 4,82% en el cultivar RB-956911 y 4,27 % en el cultivar SP81-3250. Ambos valores son clasificados como de infestación baja, considerando la clasificación de III propuesta por Gallo et al. (2002). No obstante, cabe destacar que el III quedó por encima del 1%, a partir del cual se debe realizar algún tipo de control del taladrador de la caña de azúcar por la pérdida económica que presenta según Almeida y Costa (2011). La aplicación de altas dosis de potasio redujo el ataque del barrenador de la caña de azúcar. Tanto en el caso de la II como del III, se observa que la mayor dosis de K causó disminución del ataque del barrenador de la caña de azúcar.

Era de esperarse que la aplicación de potasio disminuyera el ataque del taladrador de la caña de azúcar, ya que la misma es importante en proporcionar resistencia a la planta ante plagas, enfermedades y estrés por deficiencia hídrica o temperaturas extremas, por tanto, plantas bien nutridas en potasio tienden a ser menos atacadas por el taladrador de la caña de azúcar (Bortoli et al. 2005).

El comportamiento de la II en la caña de azúcar en respuesta a la aplicación potásica se ajusta a una ecuación cuadrática donde la $II = 4,1526 + 0,0278*(kg\ ha^{-1}\ de\ K_2O) - 0,0003\ (kg\ ha^{-1}\ de\ K_2O)^2$ ($R^2=0,96$) y el comportamiento del III en la caña de azúcar en respuesta

a la aplicación potásica se ajusta a una ecuación cuadrática donde la $II = 4,874 + 0,0247*(kg\ ha^{-1}\ de\ K_2O) - 0,0003\ (kg\ ha^{-1}\ de\ K_2O)^2$ ($R^2=0,91$).

Los resultados del presente trabajo coinciden con los encontrados por Bortoli et al. (2005) quienes constataron que al aumentar la dosis de K en sorgo, disminuyó el daño ocasionado por taladrador de la caña de azúcar y difiere de los resultados encontrado por Delgado (2010) quien observó que la aplicación de potasio favorecía el aumento del ataque del taladrador de la caña de azúcar. Delgado (2010) no obtuvo aumento lineal entre la dosis de K aplicado y el aumento del III en la caña de azúcar, encontrando valores entre 16,7% a 29,5%. Chaboussou (2006) sostiene que gramíneas bien fertilizadas con potasio poseen mayor capacidad para transportar aminoácidos a las zonas de síntesis de proteínas, así como mayor capacidad de proteosíntesis, por lo que no hay acumulación de aminos en forma libre en la célula, la ausencia de aminoácidos libres en las plantas, hace con que esta sea menos susceptible al ataque de insectos. Aplicando el análisis de Pearson no se encontró correlación entre el ataque del taladrador y la LPI ($r = -0,09$), entre el III y el diámetro de tallo ($r = 0,01$), el III y el número de entrenudos ($r = -0,01$) y entre el III y la producción ($r = -0,12$). Se observa baja correlación entre el III y el número promedio de cañas ($r = -0,20$) y el III y el °Brix ($r = -0,10$). Hay fuerte correlación entre los datos referentes a la II y el III ($r = 0,97$).

CONCLUSIONES

Ambos cultivares presentan buen rendimiento en las condiciones del medio donde fueron evaluados.

En suelos con tenores de K superiores al nivel crítico, la aplicación de fertilizante potásico no afecta la producción de caña de azúcar, sin embargo, tiende a disminuir el ataque del taladrador de la caña de azúcar.

LITERATURA CITADA

- ASSISTAT Versão 7.6 beta (2011) - Homepage <http://www.assistat.com> Por Francisco de A. S. e Silva DEAG-CTRN-UFMG - Atualiz.14/05/2012 Registro INPI0004051-2
- Almeida, J.E.M.; Costa, V.A. 2011. A danosa broca-da-cana-de-açúcar. A granja. 768: 4-5.
- Álvarez, A.; Benítez, L. 1996. Caña de azúcar: diagnóstico de producción. Asunción, MAG. 107 p. (Miscelaneas, nº 21).
- Benítez, D.E.A. 1998. Principales plagas de la caña de azúcar en el Paraguay: diagnóstico de la situación. San Lorenzo, Dpto. de Entomología, FIA, UNA. 16p.

- Bortoli, S.A.; Dória, H.O.S.; Albergaria, W.M.M.S.; Botti, M.V. 2005. Aspectos biológicos e dano de *Diatraea saccharalis* (Fabr., 1794) (Lepidoptera: Pyralidae) em sorgo cultivado sob diferentes doses de nitrogênio e potássio. *Ciência Agrotécnica* (BR). 29(2): 267-273.
- Campos Farinha De, C.A.E. 1996. Biología reproductiva de *Cotesia flavipes* (Hymenoptera: Braconidae). Tesis Doctorado. Rio Claro, São Paulo, BR. Ciências Biológicas (Zoologia) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. 97 p.
- Canal, I.N.; Matzenbacher, R.S. 1986. Avaliação de cultivares de cana de açúcar, trigo e soja, Porto Alegre. 83: 3-6.
- Chaboussou, F. 2006. Plantas doentes pelo uso de agrotóxicos: a teoria da trofobiose. 2 ed. Porto Alegre, L&PM. 272 p.
- CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento). 2011. Acompanhamento da Safra Brasileira. Cana-de-Açúcar, Safra 2010/2011, terceiro levantamento, março 2011 (en línea). Brasília, Br. Consultado en 14/07/2011. Disponible en www.conab.gov.br/conabweb.
- CQFS-RS/SC – Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC. 2004. Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Porto Alegre: SBCS-NRS/EMBRAPA-CNPT, 400 p.
- Delgado, C.A. 2010. Efecto de la fertilización Potásica en el rendimiento de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.), y sobre el ataque de *Diatraea saccharalis* (Fabr., 1974) (Lepidoptera: Crambidae), en un suelo de Escobar, Departamento de Paraguari. Tesis Ing. Agr. San Lorenzo, PY, Departamento de Suelos y Ordenamiento Territorial, FCA, UNA. 22 p.
- Dinardo-Miranda, L.L.; Anjos, I.A.; Pereira, C.V.; Vilela, F.J. 2012. Resistance of sugarcane cultivars to *Diatraea saccharalis*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, BR. 47(1):1-7.
- Domínguez, E. 2008. Evaluación de daños y pérdidas agroindustriales causadas por *Diatraea saccharalis* en un ingenio alcoholero localizado en el Departamento de Canindeyu – Paraguay. Tesis Ing. Agr. San Lorenzo, PY, Departamento de Protección Vegetal, FCA, UNA. 56 p.
- Dossi, F.C.A.; Perón, V.; Conte, H. 2004. Biocontrol de insetos. Universidade Estadual de Maringá – PR. Arq. Apadec, 8(supl.): 250-252.
- Fernández, G.E.R. 2011. Fertilización nitrogenada y su efecto en el rendimiento de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), y sobre el ataque de *Diatraea saccharalis* (Fabr., 1974) (Lepidoptera: Crambidae), en un suelo de Escobar, Departamento de Paraguari año II. Tesis Ing. Agr. San Lorenzo, PY. Departamento de Suelos y Ordenamiento Territorial, FCA, UNA. 53 p.
- Ferreira, F.M.; Barros, W.S.; Silva, F.L.; Barbosa, M.H.P.; Cruz, C.D.; Bastos, I.T. (2007). Relações fenotípicas e genotípicas entre componentes de produção em cana-de-açúcar. *Bragantia*, 66(4), 605-610. Retrieved October 08, 2012, from http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0006-87052007000400010&lng=en&tlng=pt. 10.1590/S0006-87052007000400010.
- Gallo, D.; Nakano, O.; Silveira Neto, S.; Carvalho, R.; Batista, G. 2002. Manual de Entomología agrícola; 3 ed. São Paulo, Ceres. 648 p.
- Gómez, L.L.A.; Lastra, B.L.A. 1995. Insectos asociados con la caña de azúcar en Colombia. In: CENICAÑA (Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia). El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia. Cali, CO, p. 237-263.
- Hayward, K.J. 1943. El gusano chupador de la caña de azúcar (*Diatraea saccharalis* (Fabricius)) en Tucumán (en línea). Tucumán, Argentina; Boletín de la Estación Experimental Agrícola de Tucumán, N° 38. 25p. IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura) 2007. El estado del arte de los biocombustibles en el Paraguay. Consultado 30 May 2010. Disponible en http://www.iica.org.py/Arte%20de%20Biocombustibles%20en%20Py_Ver.%20Oficial.pdf. PDF
- Hanauer, J.G. 2011. Crescimento, desenvolvimento e produtividade de cana-de-açúcar em cultivo de cana-planta e cana soca de um ano em Santa Maria, RS. Tesis Maestría. Santa Maria, RS, BR, Mestrado em Agronomía, Universidade Federal de Santa Maria. 81 p.
- Korndörfer, G.H. 1990. O potássio e a qualidade da cana-de-açúcar. *Informações agrônômicas*, Piracicaba, BR. 49:1-12.
- Legaspi, C.J.; Saldana, R.R.; Rozeff, N. 2008. Identifying and Managing Stalkborers on Texas Sugarcane. Universidad de Minnesota, St. Paul, MN. (en línea) E. B. Radcliffe y W. D. Hutchison [eds.], Radcliffe: Texto Mundial de MIP, URL. Consultado 22 de marzo 2008. Disponible en: <http://ipmworld.umn.edu>
- Link, D.; Costa, E.C.; Dariva, T.; Silva, M.I. 1981. *Infestação de Diatraea saccharalis* em cultivares de cana de açúcar. *Revista Ciência Rurais*, Santa Maria, 11(4):263-266.
- Lugo, G.R.C. 2007. Determinación de 25 genotipos de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) al ataque de *Diatraea saccharalis*. Tesis Ing. Agr. San Lorenzo, PY. Departamento de Producción Agrícola, FCA, UNA. 30 p.
- Macedo, N. 2000. Método de criação do parasitóide *Cotesia flavipes* (Cameron, 1981). In: Bueno, V. H. P. (Ed.). Controle biológico de pragas: produção massal e controle de qualidade. Lavras: Universidade Federal de Lavras (UFLA), 2000. Lavras, Br. Ed UFLA. Cap. 9. p 161-166, 172.
- Marin, I.R. 2004. Produção em laboratório do agente de controle biológico *Cotesia flavipes* (Cameron) (Hymenoptera: Braconidae) criado em *Diatraea*

- saccharalis* (Fabricius) (Lepidoptera: Pyralidae). São João da Boa Vista, SP. Monografia. Ciências Biológicas. Centro Universitario de la Fundación de enseñanza Octavio Bastos. 52 p
- Medina, O. 2010. Fertilización Mineral, Orgánica y Órgano-Mineral en la producción y ataque de *Diatrea saccharalis* en caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) Año II. Tesis Ing. Agr. San Lorenzo, PY, Departamento de Suelos y Ordenamiento Territorial, FCA, UNA. 40 p.
- Morais, K.P. 2012. Desenvolvimento de genótipo de cana-de-açúcar no Rio Grande do Sul. Tesis Maestría. Santa Maria, RS, BR, Mestrado em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria. 66 p.
- Muller, E.A. 2013. Respostas da cana-de-açúcar às adubações com N, P e K em condições de cultivo no Rio Grande do Sul. Tesis de Graduación. Santa María, RS, BR, Graduación en Agronomía, Universidade Federal de Santa María. 37 p.
- Orlando Filho, J.O.; Bittencourt, V.C.; Carmello, Q.A.C.; Beauclair, E.G.F. 1996. Relações K, Ca e Mg de solo areia quartzosa e produtividade da cana-de-açúcar. STAB - Açúcar, Álcool e Subprodutos, Piracicaba, BR. 14(5):13-17.
- Otto, R.; Vitti, C.G.; Luz, C.P.H. 2010. Manejo da adubação potássica na cultura da cana-de-açúcar. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, BR. 34:1137-1145.
- Polito, W.I. 2006. The Trofobiose Theory and organic agriculture: the active mobilization of nutrients and the use of rock powder as a tool for sustainability. Anais da Academia Brasileira de Ciências, BR. 78(4): 765-779.
- Precetti, A.A.C.M.; Téran, FO; Sanchez, AG. 1988. Alterações nas características tecnológicas de algumas variedades de cana-de-açúcar, devidas ao dano da broca *D. saccharalis*. Boletín Técnico COPERSUCAR, São Paulo, BR. 40:3-4.
- Reis, J.R.A. 2001. Probabilidade de resposta da cana-de-açúcar à adubação potássica em razão da relação $K^+ (Ca^{++}Mg^{++})^{-0,5}$ do solo. Pesquisa Agropecuária Brasileira, BR, 36(9):1175-1183.
- Reis, E.L.; Cavala-Rosand, P. 1986. Resposta da cana de açúcar ao nitrogênio, fósforo e potássio em solo de tabuleiro do sul da Bahia Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, BR. 10:129-134.
- Rieder, S.N.A. 2009. Fertilización química, orgánica y organo-mineral y su efecto en la producción de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) y algunas propiedades químicas del suelo. Tesis Ing. Agr. San Lorenzo, PY, Departamento de Suelos y Ordenamiento Territorial, FCA, UNA. 51 p.
- Rossetto, R.; Spironello, A.; Cantarella, H.; Quaggio, J.A. 2004. Calagem para a cana-de-açúcar e sua interação com a adubação potássica. Bragantia, Campinas, BR. 63(1):105-119.
- Silveira, J.A.G. 1989. Balanço de cátions e crescimento de cana de açúcar deficiente em K e cultivada em diferentes relações de K^+/NO_3^- . Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, BR. 13:321-328.
- Silveira, J.A.G.; Crocomo, O.J. 1989. Sintomas de deficiência de potássio induzidos pelo acúmulo de aminoácidos e amônia em cana de açúcar. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, US. 13:329-334.
- Suguitani, C. Entendendo o crescimento e produção da cana de açúcar: avaliação do modelo Mosicas. Piracicaba; SP, BR, Doutorado em Agronomia, Universidade São Paulo. 60 p.
- Teran, F.O. 1979. Sugarcane nutrition modifies infestation by *Diatraea* spp. Entomology Newsletter, US. 6:20-23.
- Weber, H.; Daros, E.; Camargo, Z.J.L.; Teruyo, I.O.; Donisete, B.J. 2001. Recuperação da produtividade de soqueiras de cana de açúcar com adubação NPK. Scientia Agraria, BR. 2(1): 73-77.
- Yepez, G.G.; Linares, F.B.A. 1987. Nomenclatura aprobada para los índices de la evaluación del daño por taladradores *Diatraea* spp. (LEPIDOPTERA: Pyralidae) en caña de azúcar en Venezuela. Caña de Azúcar, VEN. 5(2): 101-103.