
FÓSFORO INORGÁNICO EN EL JUGO DE DIFERENTES PARTES DEL TALLO DE LOS CULTIVARES CTC 9, CTC 15 Y CTC 16 DE CAÑA DE AZÚCAR

Luiz Carlos Tasso Júnior; Hélio Francisco Silva Neto; Bruno Fernandes Modesto Homem
y Marcos Omir Marques

RESUMEN

Este trabajo tuvo por objetivo cuantificar las concentraciones de fósforo inorgánico presente en el jugo extraído del nudo y entrenudo de tres cultivares de caña de azúcar. Se utilizó un diseño de bloques completas al azar, en arreglo factorial 3×2. Los tratamientos principales fueron los tres cultivares de caña de azúcar y los secundarios las dos partes del tallo (nudo y entrenudo). Se determinó la concentración de fósforo inorgánico para cada tratamiento. Los resultados obtenidos se sometieron al análisis de varianza por la prueba de

F, y cuando fueron significativos, se compararon los promedio mediante la prueba de Tukey, al nivel de 5% de probabilidad. Concluimos que los tres cultivares (CTC 9, CTC 16 y CTC 15) presentaron valores semejantes en cuanto a la concentración de fosfatos inorgánicos presentes en el jugo, valores considerados adecuados para una buena eficiencia en su clarificación. Para las diferentes partes del tallo se observaron diferencias en la concentración del nutriente estudiado, siendo mayor en el nudo en relación al entrenudo.

INORGANIC PHOSPHATES IN JUICES FROM DIFFERENT PARTS OF SUGARCANE STALKS (CULTIVARS CTC 9, CTC 15 AND CTC 16)

Luiz Carlos Tasso Júnior; Hélio Francisco Silva Neto; Bruno Fernandes Modesto Homem and Marcos Omir Marques

SUMMARY

This study aimed to quantify the inorganic phosphates in sugarcane juice from nodes and internodes of three sugarcane cultivars. The experimental design was a randomized block in factorial scheme 3×2. The main treatments were three sugarcane cultivars and two parts of the stalk (nodes and internodes). The inorganic phosphates contents were determined for each treatment. The results were subjected to variance analysis by the F test; when statistically significant, means were compared by the

Tukey test at 5% probability. It is concluded that the three cultivars (CTC 9, CTC 16 and CTC 15) showed similar values regarding the content of inorganic phosphates present in the juice, and these values are considered adequate for a good performance in juice clarification. For the different parts of the stem, differences were observed in the levels of the nutrient studied, which showed a higher concentration in the node than in the internode.

Introducción

En relación a los procesos de industrialización, la producción de azúcar y etanol, de forma cuantitativa y cualitativa, está relacionada a la calidad de la materia prima entregada a la industria. Con el correcto manejo de los cultivares de caña de azúcar es posible obtener incrementos en

productividad agroindustrial (Landell y Vasconcelos, 2006) y en la calidad del producto final. La calidad del jugo extraído está relacionada a las características intrínsecas de cada cultivar, destacando en los procesos de industrialización el elemento fósforo.

Para la producción de azúcar, la calidad de la materia prima (caña de azúcar) entre-

gada en las unidades industriales es de fundamental importancia. Dentro de las variables que influyen estas características se destaca la concentración de fósforo inorgánico presente en el jugo de caña (Silva Neto, 2010).

La importancia de la concentración de P₂O₅ en el jugo de caña está evidenciada en la literatura orientada a la fabrica-

ción de azúcar, más específicamente en la fase de clarificación del jugo de caña. El principal objetivo de la purificación en la clarificación del jugo es el alcance de la remoción de impurezas de la fracción líquida neta extraída (Eggleston *et al.*, 2002), cuya eficacia es directamente proporcional a la concentración de fosfatos inorgánicos encontrados en el jugo

PALABRAS CLAVE / Caña de Azúcar / Entrenudo / Fosfatos / Jugo / Nudo /

Recibido: 06/06/2013. Modificado: 01/04/2014. Aceptado: 04/04/2014.

Luiz Carlos Tasso Júnior. Ingeniero Agrónomo, Universidade Federal de Alfenas, Brasil. Maestría y Doctorado en Agronomía (Producción Vegetal), Universidade Estadual Paulista (UNESP), Brasil. Superintendente, Associação dos Plantadores de Cana do Oeste do Estado de São Paulo (CANAOSTE),

Brasil. Consejero, Cooperativa dos Plantadores de Cana do Oeste do Estado de São Paulo (COPERCANA), Brasil. e-mail: tasso@canaoeste.com.br

Hélio Francisco da Silva Neto. Ingeniero Agrónomo, Maestría y Doctorado en Agronomía (Producción Vegetal), UNESP, Brasil. Dirección: Departamento de Tec-

nología, Facultad de Ciencias Agrarias y Veterinarias, UNESP. Vía de Acceso Prof. Paulo Donato Castellane s/n, Jaboticabal, SP, Brasil. CEP: 14884-900. e-mail: heliofsn@hotmail.com

Bruno Fernandes Modesto Homem. Ingeniero Agrónomo, FEIS-UNESP, Brasil. Alumno de Maestría en Agronomía

(Producción Vegetal), UNESP, Brasil. e-mail: bruno.homem@hotmail.com

Marcos Omir Marques. Ingeniero Agrónomo, Maestría em Ciências y Tecnología de Alimentos y Doctor en Suelos y Nutrición de Plantas, UNESP, Brasil. Profesor, UNESP, Brasil. e-mail: omir@fcav.unesp.br

FÓSFORO INORGÂNICO NO CALDO DE DIFERENTES PARTES DO COLMO DOS CULTIVARES CTC 9, CTC 15 E CTC 16 DE CANA-DE-AÇÚCAR

Luiz Carlos Tasso Júnior; Hélio Francisco Silva Neto; Bruno Fernandes Modesto Homem e Marcos Omir Marques

RESUMO

Este trabalho teve por objetivo quantificar os teores de fósforo inorgânico presente no caldo extraído do nó e entrenó de três cultivares de cana-de-açúcar. Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados, em esquema fatorial 3×2. Os tratamentos principais foram os três cultivares de cana-de-açúcar e os secundários as duas partes do colmo (nó e entrenó). Foi determinado o teor de fósforo inorgânico para cada tratamento. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F, e quando significativo, as médias foram com-

paradas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. Concluímos que os três cultivares (CTC 9, CTC 16 e CTC 15) apresentaram valores semelhantes quanto ao teor de fosfatos inorgânicos presentes no caldo, valores estes considerados adequados para uma boa eficiência na clarificação do caldo. Para as diferentes partes do colmo foi observado diferença quanto ao teor do nutriente estudado, encontrando-se uma maior concentração no nó em relação ao entrenó.

(Ragghianti *et al.*, 2009). Su factor de inadecuación, que influye negativamente en la eficiencia de la etapa de clarificación, puede resultar en la decantación incompleta y la obtención de jugo con un índice de color mayor (Delgado *et al.*, 1973).

Delgado y César (1984) señalaron una variación de 70 a 800mg de P₂O₅/litro de jugo. Según Honig (1969), concentraciones de fosfato (P₂O₅) <150mg·l⁻¹ son consideradas bajas, niveles entre 150 y 500mg·l⁻¹ son considerados normales, y concentraciones >500mg·l⁻¹ son consideradas altas. Casagrande (1991) menciona que concentraciones de P₂O₅ >300mg·l⁻¹ facilitan el proceso de clarificación del jugo en la industria.

Analizando las concentraciones de fosfato inorgánico en el jugo del tallo entero de los cultivares SP82-3530, SP83-5073 y RB83-5486, Martins (2004) encontró concentraciones de 345,5; 540,4 y 889,5mg·l⁻¹ respectivamente. Lebre *et al.* (2010) estudiaron diferentes cultivares en cuanto a la concentración del elemento en el jugo y obtuvieron los mayores promedios para los cultivares CTC 2 (310,61ppm) y IACSP94-2101 (291,69ppm) respectivamente.

Al estudiar la diferencia entre las partes del tallo en cuanto a la concentración de fosfatos inorgánicos en el jugo, Silva Neto *et al.* (2010) no constataron diferencias significativas entre el nudo y entrenudo

en el promedio de todos los cultivares evaluados, pero hubo cultivares que presentan diferencias en relación a las partes del tallo.

En este contexto, el objetivo de este trabajo fue cuantificar las concentraciones de fósforo inorgánico en diferentes partes del tallo de cultivares de caña de azúcar.

Materiales y Métodos

El experimento fue conducido en la Hacienda de Enseñanza, Investigación y Producción de la FCAV/UNESP, localizada en el Municipio de Jaboticabal, Estado de São Paulo, Brasil, a los 21°15'22"S y 48°18'58"O, en condiciones de caña de tercer corte (soca), a una altitud promedio de 583msnm y con relieve caracterizado como suave ondulado. El clima es de tipo tropical con invierno seco, y clasificado como Aw de acuerdo con el Sistema Internacional de Koppen. La pluviometría promedio anual es de 1425mm, con concentración de lluvias en el verano y seco en el invierno.

El experimento fue instalado en un Latossolo Vermelho Eutrófico típico (Embrapa, 1999), moderado, de textura muy arcillosa y relieve suave ondulado.

El diseño experimental utilizado fue de bloques completos al azar, con arreglo factorial 3×2, con cuatro repeticiones. El tratamiento principal estuvo compuesto por los tres cultivares de caña de azúcar utilizados (CTC9, CTC15 y

CTC16). El tratamiento secundario fue compuesto por las dos partes del tallo de caña (nudo y entrenudo).

Las parcelas experimentales fueron formadas de cinco hileras de caña con 12m de largo, espaciadas a 1,5m, totalizando 90m², siendo consideradas como área útil las tres hileras centrales, descartando un metro en las extremidades, así como la primera y quinta hilera, resultando 45m². En cada bloque habían parcelas representando los diferentes cultivares.

Para la extracción de las muestras, se cosechó un grupo de tallos de cada cultivar por bloque, totalizando cuatro grupos. Cada grupo contenía 20 tallos retirados en secuencia, en la hilera, de cada una de las tres hileras centrales de la parcela. El local de cosecha dentro de las hileras fue escogido aleatoriamente al momento del muestreo. La evaluación fue realizada el día 05/10/2010, en la condición de caña de tercer corte (soca). Los tallos fueron cortados manualmente, deshojados, despuntados, etiquetados y encaminados al Laboratorio de Tecnología de Azúcar y Etanol del Departamento de Tecnología de la FCAV/UNESP.

En el laboratorio, los tallos fueron separados en nudos y entrenudos, con ayuda de una sierra eléctrica tipo 'tico-tico'. Cada parte del tallo fue desfibrada, se homogeneizó el material desintegrado, se pesó 500g y se transfirió a una prensa hidráulica, donde se

aplicó una presión de 250kg·cm⁻² por 1min. Se obtuvo una masa húmeda (material fibroso a ser descartado) y el jugo extraído. En el jugo extraído se determinó la concentración de fósforo inorgánico siguiendo el método propuesto por Gomori, de acuerdo con Delgado y Cesar (1984). El método utilizado en la determinación del fosfato inorgánico en el caldo de caña de azúcar se basa en la reacción entre el ión ortofosfato y el molibdato de amonio en la solución ácida, formando ácido fosfomolibdico, que después de ser reducido por el ELON o el Photo-Rex 4-(Metilamino)-Fenolsulfato, produce un complejo de cloración azul intensa.

El análisis estadístico de los resultados se efectuó mediante el análisis de la varianza empleando la prueba de F. La comparación de medias se realizó con la prueba de Tukey al nivel de 5% de probabilidad. Los análisis estadísticos se realizaron con la ayuda del programa informático AGROESTAT (Barbosa e Maldonado, 2010).

Resultados y Discusión

En relación a las concentraciones de fósforo inorgánico en los cultivares de caña de azúcar utilizados (Tabla I), se encontró que no hubo diferencia significativa entre los mismos. El cultivar CTC 9, no obstante, resultó con un mayor valor de fósforo en comparación con los cultivares CTC16 y CTC15

(347,01; 332,14 y 322,69mg P₂O₅/litro de jugo, respectivamente). Estos valores son más altos que los reportados por Lebre *et al.* (2010) quienes estudiando diferentes cultivares obtuvieron 310,61mg P₂O₅/litro de jugo para CTC 2; y 291,69mg P₂O₅/litro de jugo para el IAC-SP94-2101. Martins (2004) citó un valor semejante al aquí reportado para el CTC 9 cuando estudió el cultivar SP82-3035 (345,5mg/litro de jugo).

Los promedios de todos los cultivares están dentro del intervalo de variación señalado por Delgado y César (1984), que va de 70 hasta 800mg de P₂O₅/litro de jugo, y para Honig (1969) son considerados de concentración normal, pues están dentro del intervalo de 150 a 500mg/litro de jugo.

Los cultivares estudiados son definidos como de buena clarificación, pues sus promedios son >300ppm, valor recomendado por Casagrande (1991), considerando que la concentración de fosfatos inorgánicos es directamente proporcional al nivel de clarificación (Ragghianti *et al.*, 2009).

Este mayor valor de fosfato inorgánico es recomendado por Delgado *et al.* (1973) para el proceso de clarifica-

TABLA I
VALORES PROMEDIO DE FÓSFORO INORGÁNICO PRESENTE EN EL JUGO EXTRAÍDO DE DIFERENTES PARTES DEL TALLO DE CULTIVARES DE CAÑA DE AZÚCAR, COSECHA 2010/2011

Tratamientos	Fósforo inorgánico (mg P ₂ O ₅ /litro de jugo)
Cultivares(C)	
CTC9	347,01
CTC15	322,69
CTC16	332,14
DMS (5%)	
Prueba F	0,818 ns
Partes (P)	
Nudo	376,71 a
Entrenudo	291,19 b
DMS (5%)	
Prueba F	29,83 **
Estadística	
Prueba F (interacción C×P)	3,60 ns
Promedio general	333,95
CV (%)	9,95

Números seguidos de letras distintas, para el mismo atributo, difieren entre sí según prueba de Tukey, al 5% de probabilidad; ns: no significativo; **: significativo al 1% de probabilidad; CV: coeficiente de variación; DMS: diferencia mínima significativa

ción de jugo, debido a que elevadas concentraciones de P₂O₅ están relacionados a una mayor remoción de impurezas, proporcionando jugos más claros y consecuentemente mejor calidad de azúcar producido.

En lo referente a las diferentes partes del tallo, se encontró la existencia de una diferencia estadística significativa entre el nudo y el entrenudo (Tabla I), contrario a lo observado por Silva Neto *et al.* (2010) quienes no constataron diferencias entre ellas.

Conclusión

Se concluye que los tres cultivares (CTC 9, CTC 16 y CTC 15) presentaron valores semejantes en cuanto a la concentración de fosfatos inorgánicos presentes en el jugo, valores considerados adecuados para una buena eficiencia en la clarificación del jugo.

Para las diferentes partes del tallo se observó diferencias en cuanto a la concentración del nutriente estudiado, encontrándose una mayor concentración en el nudo en relación al entrenudo.

REFERENCIAS

- Barbosa JC, Maldonado JrW (2010) *AGROESTAT: Sistema para Análises Estatísticas De Ensaio Agronômicos*. Versão 1.0. Jaboticabal, Brasil.
- Casagrande AA (1991) *Tópicos de Morfologia e Fisiologia da Cana-de-Açúcar*. FUNEP, Jaboticabal, Brasil. 157 pp.
- Delgado AA, Cesar MAA (1984) Determinação de fosfatos em caldo e mosto de cana-de-açúcar. *STAB: Açúcar, Alcool e Subprodutos* 2(4): 42-45.
- Delgado AA, Ferreira LJ, Barbin D (1973) O comportamento de três variedades de cana-de-açúcar na clarificação do caldo em função de teores variáveis de fósforo. *Bras. Açuc.* 82: 55-75.
- Eggleston G, Monge A, Pepperman A (2002) Preheating and incubation of cane juice to liming: a comparison of intermediate and cold lime clarification. *J. Agric. Food Chem.* 50: 484-490.
- Embrapa (1999) Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Embrapa Solos. Brasília, Brasil. 412 pp. Honig P (1969) *Princípios de Tecnologia Azucarera*. Continental. México. 645 pp.
- Landell MAG, Vasconcelos ACM (2006) *Reunião do Grupo Fito-técnico*. Ribeirão Preto, Brasil. (CD-ROM).
- Lebre ACP, Silva Neto HF, Silva JDR, Júnior Tasso LC, Marques MO (2010) Fosfatos inorgânicos em caldos de seis cultivares de cana-de-açúcar, na safra 2009/2010. 1-4. En *SICUSP - USP* (16-19/11/2010) Piracicaba, Brasil. 1 pp.
- Martins NGS (2004) *Os Fosfatos na Cana-de-Açúcar*. Tesis. Universidade de São Paulo. Brasil. 87 pp.
- Ragghianti KC, Silva Neto HF, Tasso Júnior LC, Bordonal RO, Marques MO (2009) Teores de fosfato inorgânico em cultivares tardias de cana-de-açúcar. En *Congr. Nac. de Fisiologia Vegetal, 12 - SBFV*. (7-12/09/2009) Fortaleza, Brasil. 347 pp.
- Silva Neto HF (2010) *Aspectos Agrotecnológicos, Florescimento, Impurezas Vegetais e Produção de Bagaço de Cultivares de Cana-de-Açúcar*. Tesis. Universidade Estadual Paulista. Brasil. 100 pp.
- Silva Neto HF, Silva JDR, Tasso Júnior LC, Marques M (2010) Fósforo inorgânico no caldo de diferentes partes do colmo de cana. En *SIMCANA 2*. (19-21/10/2010). FEPAP, Botucatu, Brasil. 1 pp.