

Efecto de la fertilización con vinaza sobre el contenido relativo de clorofila y la morfoanatomía foliar de tres variedades de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.).

Effect of vinaza fertilization on the relative chlorophyll content and the leaf morpho-anatomy of three sugar cane (*Saccharum officinarum* L.) varieties

G. García, K. Cárdenas, M. Sanabria, L. Castillo,
L. Zérega* y D. Rodríguez.

Departamento de Ciencias Biológicas Decanato de Agronomía UCLA,
Núcleo Tarabana. *INIA Yaracuy.

Resumen

Con el objetivo de evaluar el efecto de la vinaza sobre el contenido relativo de clorofila y la morfoanatomía foliar de la caña de azúcar, se estableció un ensayo en arreglo factorial: tres variedades y cinco tipos de fertilización incluyendo un testigo, vinaza, combinaciones de vinaza con mezclas químicas y mezclas químicas de fórmulas comerciales. Todos los cultivares presentaron el mayor contenido relativo de clorofila en los tratamientos combinados de vinaza y fertilización química total. La morfología foliar mostró pocas variaciones y tanto la anatomía del mesófilo como de la epidermis no evidenciaron efectos que indicaran un déficit nutricional. Por tanto se considera que este subproducto puede actuar de manera eficiente cuando forma parte de un programa de nutrición vegetal combinado.

Palabras clave: Vinaza, morfología foliar, anatomía foliar, nutrición.

Abstract

With the purpose of evaluating the vinaza effect on the relative content of chlorophyll and foliar morphology and anatomy of sugar cane leaves, a trial was established in a factorial arrangement with three varieties and five fertilization treatments by including vinaza, vinaza plus chemical fertilizer, chemical fertilizer alone and control treatment. Relative content of chlorophyll was higher with the vinaza plus chemical fertilizer treatments in the cultivars.

Recibido el 9-1-2007 • Aceptado el 30-4-2007

Autor para correspondencia e-mail: grisalygarcia@ucla.edu.ve; mesanbaria@ucla.edu.ve; rdorian@ucla.edu.ve

Foliar morphology showed little variations and no detrimental effect was observed neither in the anatomy of mesophyll nor in the epidermis that indicated a deficiency in nutrition. Therefore, vinaza may act in an efficient way when is used in a combined vegetable nutrition program.

Keys words: Vinaza, morphology, anatomy, foliar, nutrition.

Introducción

La vinaza es un derivado de la destilería del alcohol etílico a partir de la miel de caña de azúcar (*S. officinarum* L.), el cual se produce a razón de 13 L por cada litro de alcohol; su composición química le confiere atributos que progresivamente la han llevado a ser considerada como un fertilizante no tradicional de uso potencial y al igual que la mayoría de residuos orgánicos pecuarios e industriales, debe ser continuamente sometido a estudios exigidos por leyes ambientales para definir las posibilidades de uso agrícola. Se ha determinado que este subproducto presenta alta demanda bioquímica de oxígeno, lo que induce su agotamiento si fuese desechado directamente en masas de

agua (5); sin embargo, se ha evaluado su efecto cuando se aplica al suelo, observándose mejoras en la condición química, incremento en la productividad del cultivo de la caña de azúcar y buen rendimiento de la cosecha en la producción de azúcar a nivel industrial, destacando sus propiedades como fertilizante orgánico (2).

Con el fin de complementar el conocimiento del alcance en el uso de la vinaza, se consideró conocer su efecto sobre aspectos biológicos de la planta que puedan reflejar la condición nutricional de la misma, por lo cual se planteó evaluar el contenido relativo de clorofila (CRC) y algunas características morfoanatómicas foliares.

Materiales y métodos

El experimento se realizó en la hacienda "Guayebo", sector Guayebo, Municipio Urachiche del estado Yaracuy, incluyendo tres variedades de caña de azúcar: V1: Sao Pablo (SP70-1284), V2: Barbados (B80-408) y V3: Cuba (323-68) y cinco fuentes de fertilización: T0: aporte nutricional del suelo (testigo), T1 = vinaza ($N=10,5 + P_2O_5=7,65 + K_2O= 259,5$ kg/ha); T2: vinaza + fertilización química complementaria ($N=139 + P_2O_5=107 + K_2O= 0$ kg/ha, considerán-

dose el aporte de nutrientes por parte del suelo y de la vinaza); T3: vinaza + fertilización química total ($N=150 + P_2O_5=115 + K_2O=140$ kg/ha, considerando sólo el aporte de nutrientes por parte del suelo); T4: Fertilización química total (igual proporción que en T3 sin vinaza). Se utilizaron como fuente de los minerales nitrato de amonio, Aicafos y cloruro de potasio. La siembra se realizó el 16 de abril de 2004 y al transcurrir doce meses, después de la zafra, se inició la fase de soca don-

de se aplicaron los mismos tratamientos con la variación de algunas dosis.

Las unidades experimentales estaban constituidas por parcelas de 5 hilos de 15 m de largo distribuidas en forma aleatorizada para cada variedad y tratamiento de fertilización; se utilizó solo los 3 hilos centrales (repeticiones) para realizar los muestreos 6 meses después de iniciar la fase de soca. Se colectaron 9 hojas adultas, provenientes de 3 plantas por hilo efectivo de cada tratamiento, seleccionando la última hoja con «labio» visible u hoja TVD, la cual es comúnmente utilizada en muestreos para análisis de tejidos. Se determinó el CRC utilizando un SPAD-501 (Minolta Corp.) que representa la absorbancia de luz a nivel foliar con un valor numérico o unidades SPAD; se realizaron 5 lecturas en el tercio medio de la hoja TVD, las cuales fueron promediadas. Además se midió la longitud de la lámina foliar desde el

ápice hasta la lígula y el ancho en el tercio medio de la misma. Para el estudio de la anatomía foliar se seleccionaron porciones de 1cm² en el tercio medio de la lámina sin incluir nervadura principal, las cuales fueron fijadas en FAA (Formol: alcohol etílico: ácido acético 70%); se realizaron cortes transversales a mano alzada y aclarados con hipoclorito de sodio para observar la superficie foliar, seleccionando 5 secciones de cada muestra. Se consideraron los siguientes aspectos: características cualitativas de los tejidos foliares, grosor de la lámina foliar, grosor de la epidermis y densidad estomática en ambas epidermis.

Los datos de las variables cuantitativas fueron sometidos a un análisis de varianza y comparados mediante pruebas de medias de Tukey con el paquete estadístico Statistix versión 8.0.

Resultados y discusión

Los resultados del CRC fueron mayores cuando se fertilizó con fuentes combinadas, mientras que el T1, aunque superó al T0, presentó menor valor que el resto de las fertilizaciones (figura 1), probablemente por la baja proporción de N que aportó. Respuestas similares han sido obtenidas al medir el CRC en hojas de maíz, encontrando mayor valor con fertilizante químico (NH₄NO₃) que con el orgánico (salvado de arroz); por el contrario, en arroz y sorgo ambas fuentes han mostrado CRC similares en una evaluación que abarcó 21 días después

del trasplante (4).

La longitud de la lámina foliar no mostró variaciones entre las fuentes de fertilización, mientras que el ancho de la lámina foliar presentó diferencias significativas entre los tratamientos de la variedad Sao Pablo, correspondiendo el mayor valor a la fertilización química total (T4), seguido por tratamientos de combinaciones (T2 y T3), el testigo (T0) y por último la vinaza (T1) (cuadro 1).

La aparición de hojas más delgadas en el cultivo de caña de azúcar, ha sido reconocido como síntoma de

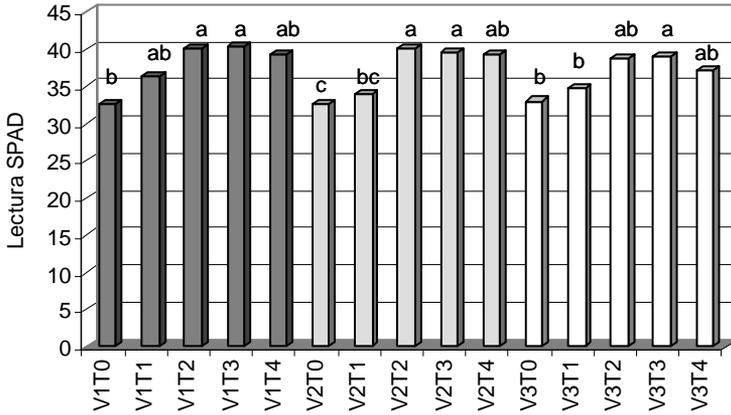


Figura 1. Contenido relativo de clorofila indicado mediante lecturas obtenidas por el SPAD en tres variedades de caña de azúcar (V1 al V3) sometidas a cinco tratamientos de fertilización (T0 al T4). Separación de medias según prueba de Tukey al 0.05. Letras iguales en la misma variedad indican similitud estadística.

déficit de P (6), lo cual pudiera corresponder a la tendencia observada en el ancho foliar de esta variedad; sin embargo, se considera que estos resultados son poco contundentes, dada la respuesta de T0, el cual debió mostrar menores valores por representar la condición de mayor déficit, por lo que esta variable no representó un indicador eficaz.

Las características anatómicas foliares cualitativas fueron similares en todas las variedades y no sufrieron alteraciones por efecto de las fuentes de fertilización. Los aspectos cuantitativos se presentan en el cuadro 1, observándose que el grosor de la lámina foliar fue similar entre tratamientos; sin embargo, se esperaba que el mayor aporte nutricional incrementaría la proporción de tejidos del mesófilo y por ende el grosor

de la lámina foliar, como lo han evidenciado otras investigaciones (3). Se encontraron diferencias significativas en el grosor de los estratos epidérmicos sólo en los tratamientos de la variedad Sao Pablo, aunque no se manifestó una tendencia clara del efecto de la fertilización sobre este tejido. La densidad estomática solo presentó diferencias en la variedad Cuba, donde T1 obtuvo el mayor número de estomas. mm^{-2} en la epidermis adaxial, seguido por el T0 y T4. En este sentido se conoce que la deficiencia nutricional puede afectar en mayor grado los procesos de división celular más que la expansión celular, lo cual ha sido asociado con la disminución de la densidad estomática (1) y puede estar relacionado con lo observado en una de las epidermis de la variedad Cuba.

Cuadro 1. Variables morfoanatómicas de la lámina foliar de tres variedades de caña de azúcar sometidas a cinco tratamientos de fertilización.

	Lámina foliar			Epidermis adaxial		Epidermis abaxial	
	Longitud (cm)	Ancho (cm)	Grosor (mm)	Grosor	Densidad estomas (n°.mm ⁻²)	Grosor	Densidad estomas (n°.mm ⁻²)
T0	125a	3,30a	173,75a	22,20a	12ab	20,26a	25a
T1	130a	3,60a	173,99a	21,65a	13a	19,61a	24a
T2	127a	3,30a	—	—	—	—	—
T3	126a	3,40a	—	—	—	—	—
T4	125a	3,40a	175,75a	20,63a	11b	19,70a	23a
T0	139a	3,70ab	248,25a	18,00b	16a	18,00a	30a
T1	135a	3,40b	266,85a	18,90a	15a	16,43ab	31a
T2	137a	3,90ab	267,43a	18,00ab	17a	14,79b	32a
T3	140a	3,70ab	238,05a	18,68a	15a	18,00a	31a
T4	143a	4,10a	269,55a	17,55ab	16a	16,20ab	33a
T0	129a	3,40a	271,07a	22,26a	17a	17,41a	35a
T1	131a	3,20a	239,63a	18,00a	16a	17,10a	35a
T2	127a	3,20a	246,38a	18,00a	15a	16,88a	33a
T3	134a	3,40a	243,23a	18,11a	17a	17,21a	33a
T4	134a	3,60a	273,90a	18,00a	16a	17,40a	34a

Separación de medias según prueba de Tukey al 0.05. Letras iguales en columna de la misma variedad indican similitud estadística. En la variedad Cuba no se determinaron variables anatómicas en los tratamientos T2 y T3.

Conclusiones

Las plantas de las tres variedades de caña de azúcar que recibieron los tratamientos combinados de vinaza y fertilización química, presentaron los mayores valores de CRC, el cual es indicador de que alcanzaron una mejor condición nutricional. Las variables relacionadas con la morfoanatomía foliar no mostraron

efectos determinantes que manifestaran beneficio o detrimento por la aplicación de este residuo orgánico. Por lo tanto se considera que el uso de la vinaza como fertilizante es más eficiente si se incluye en programas de nutrición vegetal combinados con productos químicos.

Agradecimiento

Al "Convenio de Cooperación Específico entre la UCLA y la Compañía Anónima Destilería Yaracuy

(CADY) para la investigación de la Vinaza", por el financiamiento del Proyecto del cual derivó este trabajo.

Literatura citada

1. Bonilla, I. 2000. Introducción a la nutrición mineral de las plantas. En Fundamentos de Fisiología Vegetal. Editores Azcón-Bieto, J. y M. Talón. McGraw-Hill Interamericana. Madrid. p. 83-98.
2. Gómez J. y O. Rodríguez. 2000. Efecto de la vinaza en la productividad de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*). Rev. Fac. Agron. LUZ. 17: 318-326.
3. Nagel O., H. Konings y H. Lambers. 2001. The influence of a reduces gibberellin biosynthesis and nitrogen supply on the morphology and anatomy of leaves and roots of tomato (*Solanum lycopersicum*). *Physiologia Plantarum* 110: 40-45.
4. Okamoto, M. y K. Okada. 2004. Differential responses of growth and nitrogen uptake to organic nitrogen in four gramineous crops. *Journal of Experimental Botany* 55(402): 1577-1585.
5. Perdigón, S., R. De La Cruz, J. Obregón e I. Curbelo. 2005. Las vinazas de los jugos de caña energética y su impacto sobre el medio ambiente en la destilería Paraíso de la Provincia de Santi Spiritus. *Observatorio de la Economía Latinoamericana* 46:12-23.
6. Rice, R., R. Gilbert y R. Lentini. 2002. Nutritional Requirements for Florida Sugarcane. In: Florida Sugarcane Handbook. R. A. Gilbert (editor). <http://edis.ifas.ufl.edu/SC034>. Consultada el 23/02/06.