



ELEMENTOS BENÉFICOS EN LA MADURACIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum officinarum*)

Héctor E. Senties-Herrera^a, Libia I. Trejo-Téllez^a, Fernando C. Gómez-Merino^b, Víctor H. Volke-Haller^a,

^aColegio de Postgraduados Campus Montecillo, hector.senties@colpos.mx, tlibia@colpos.mx, vvolke@colpos.mx

^bColegio de Postgraduados Campus Córdoba, fernandg@colpos.mx

RESUMEN

Los elementos benéficos inciden en el crecimiento y desarrollos de las plantas, afectando la productividad agrícola y rendimiento en función a la concentración y disponibilidad de los mismos, la etapa fenológica del cultivo y variedades. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la aspersión foliar de Si, V y I a diferentes concentraciones en la maduración de tres variedades de caña de azúcar (CP 72-2086, Mex 79-431 y Mex 69-290). Las concentraciones en las soluciones foliares fueron para Si de 0.5 y 1.0 mM, para V de 10 y 20 μM y para I de 11.8 y 23.6 mM; como testigo se asperjó agua sin ninguno de los elementos benéficos. Se empleó un diseño experimental completamente al azar con diez repeticiones. Se realizaron dos aplicaciones foliares, la primera a los 8 meses y la segunda a los 9 meses de edad. A los 13 meses de edad de la planta (4 después del inicio de tratamientos) se evaluó la floración, la médula, la oquedad y los grados Brix. Los resultados mostraron una inhibición de la floración y en la formación de médula en la variedad CP 72-2086 con la aplicación de V y I, mientras que la oquedad aumentó en la variedad Mex 69-290 con la aplicación de I. Los grados Brix no fueron afectados por ninguno de los elementos. En conclusión, la aplicación foliar de 10 μM de V resulta efectiva en la inhibición de la floración y en la reducción de la médula. Por otra parte, en las variedades Mex 79-341 y Mex 69-290, no se observaron respuestas al tratamiento con elementos benéficos, con excepción del I que incrementó la oquedad en la variedad Mex 69-290.

1. INTRODUCCIÓN

Para el desarrollo normal de una planta, se necesitan los elementos esenciales o nutrimentos; además de éstos, existe un grupo de elementos que sin ser esenciales para las plantas, al suministrarse por diferentes vías, ejercen un efecto favorable en el crecimiento y desarrollo de las plantas, ya que pueden intervenir en diferentes rutas metabólicas, que activen mecanismos de defensa a estrés biótico y abiótico, favorecer el aprovechamiento de otros nutrimentos y mejorar características de calidad (Trejo-Téllez *et al.*, 2007). En lo que se refiere a calidad, el proceso de maduración es de importancia relevante, debido a que es cuando ocurre la capacidad de síntesis se hace mayor que el gasto de azúcares en los procesos de respiración y crecimiento, se produce una acumulación del exceso de azúcares formados (Borroto *et al.*, 2003). En este sentido, una alta concentración de sacarosa en los tallo moledores, es afectada por las formación de estructuras tales como médula y oquedad y sobre todo la floración (IMPA, 1975). El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la aspersión foliar de Si, V y I a diferentes concentraciones en la maduración de tres variedades de caña de azúcar: CP 72-2086, Mex 79-431 y Mex 69-290.



2. MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento de campo se llevó a cabo en el campo experimental del Campus Córdoba del Colegio de Postgraduados, localizado a 18° 50' latitud norte y 96° 51' longitud oeste, a una altitud de 650 m. El clima de la zona es templado húmedo con lluvias en verano y temperatura media de 20 °C, máxima de 35 °C y mínima de 10 °C, con una precipitación media anual de 1 807 mm (Soto-Esparza, 1986). Los ensayos correspondientes a este estudio se efectuaron durante los meses de septiembre a diciembre de 2014. Se realizaron dos aplicaciones foliares (la primera en a principios de septiembre y la segunda a principios de octubre) de tres elementos benéficos con dos niveles de concentración (Si 0.5 y 1 mM; V 10 y 20 µM, I 11.8 y 23.6 mM) y H₂O como testigo, en tres variedades de caña de azúcar: CP 72-2086, Mex 79-431 y Mex 69-290, de maduración temprana, media y tardía, respectivamente. La aplicación fue con aspersor de mochila y se utilizó agua purificada (3 L). Las fuentes de Si, V e I fueron SiO₂, NH₄VO₃ y KI, respectivamente. Las variables evaluadas después de cuatro meses de tratamiento en plantas de 13 meses de edad fueron grados Brix (°Brix), floración, médula y oquedad. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con 10 repeticiones. Se realizó de manera independiente para cada variedad el análisis de la varianza (ANOVA) y prueba de comparación de medias de Tukey ($P < 0.05$), con el programa InfoStat.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Grados Brix. En la Figura 1 se muestra las variaciones promedio de los grados Brix de las tres variedades estudiadas. El análisis de la varianza nos indica en las variedad CP 72-2086 el suministro de yodo a baja concentración redujo significativamente esta variable, mientras que en Mex-79-431 el silicio en la dosis alta evaluada redujo significativamente este indicador.

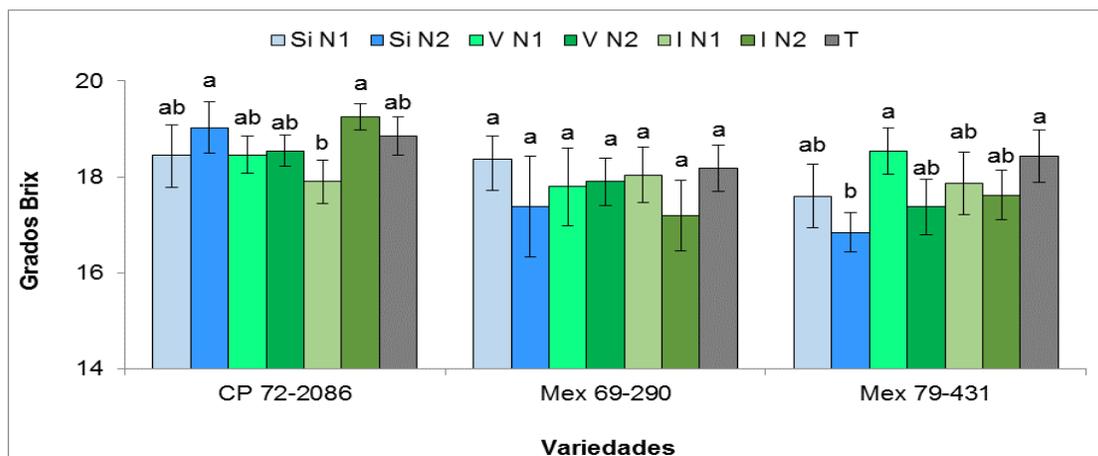


Figura 1. Grados Brix en tres variedades de caña de azúcar tratadas vía foliar con los elementos benéficos I, Si y V. Medias \pm DE con la misma letra indican que no existieron diferencias estadísticas entre tratamientos (Tukey, $P > 0.05$). Si N1 = [0.5 mM]; Si N2 = [1 mM]; V N1 V = [10 µM]; V N2 = [20 µM]; I N1 = [11.8 mM]; I N2 = [23.6 mM]; T = Testigo.

Floración. El porcentaje de floración mostró diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0.05$) entre tratamientos solo en la variedad CP 72-2086; donde se observa que la aplicación de vanadio en sus dos concentraciones evaluadas (10 y 20 µM), y de yodo a una concentración de 11.8 mM inhibieron la floración en un 100 y 80%, respectivamente. Cabe mencionar que esta variedad es de



maduración temprana y con un alto porcentaje de floración. Por otra parte, no se observaron efectos de los tratamientos en las variedades Mex 69-290 y Mex 79-431 (Figura 2).

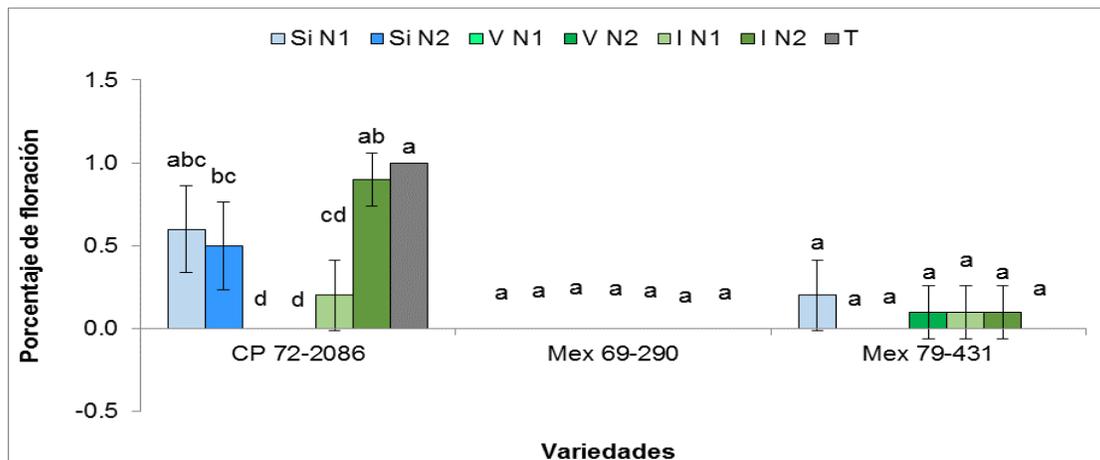


Figura 2. Porcentaje de floración en tres variedades de caña de azúcar tratadas vía foliar con los elementos benéficos I, Si y V. Medias \pm DE con la misma letra indican que no existieron diferencias estadísticas entre tratamientos (Tukey, $P > 0.05$). Si N1 = [0.5 mM]; Si N2 = [1 mM]; V N1 V = [10 μ M]; V N2 = [20 μ M]; I N1 = [11.8 mM]; I N2 = [23.6 mM]; T = Testigo.

Médula. La producción de médula en el tercio superior de la planta está estrechamente relacionada con el proceso de floración (Salgado *et al.*, 2013). A medida que incrementan el porcentaje de flores y el tiempo de permanencia, la médula va en aumento, abarcando más entrenudos del tercio superior. El análisis de la varianza nos indica que no hubo efectos significativos de la aplicación de elementos benéficos; sin embargo, en la variedad CP-72-2086 la aplicación de V en sus distintas concentraciones (10 y 20 μ M) inhibió en un 100% la formación de médula; mientras que el I a concentración de 11.8 mM la redujo en 80 (Figura 3).

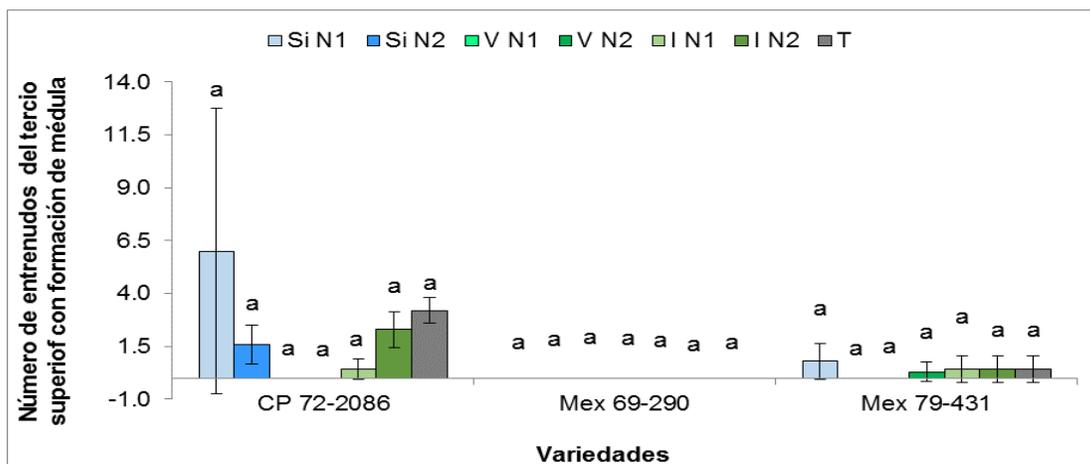


Figura 3. Número de entrenudos del tercio superior con formación de médula en las tres variedades de caña de azúcar. Si N1 = [0.5 mM]; Si N2 = [1 mM]; V N1 V = [10 μ M]; V N2 = [20 μ M]; I N1 = [11.8 mM]; I N2 = [23.6 mM]; T = Testigo.



Oquedad. Solo en la variedad Mex 69-290 se observaron efectos significativos de los tratamientos ensayados en la variable oquedad. La aplicación foliar de yodo a una concentración de 23.6 mM en la variedad Mex 69-290, incrementó la cantidad entrenudos del tercio inferior con formación de oquedad en comparación con el testigo (Figura 4).

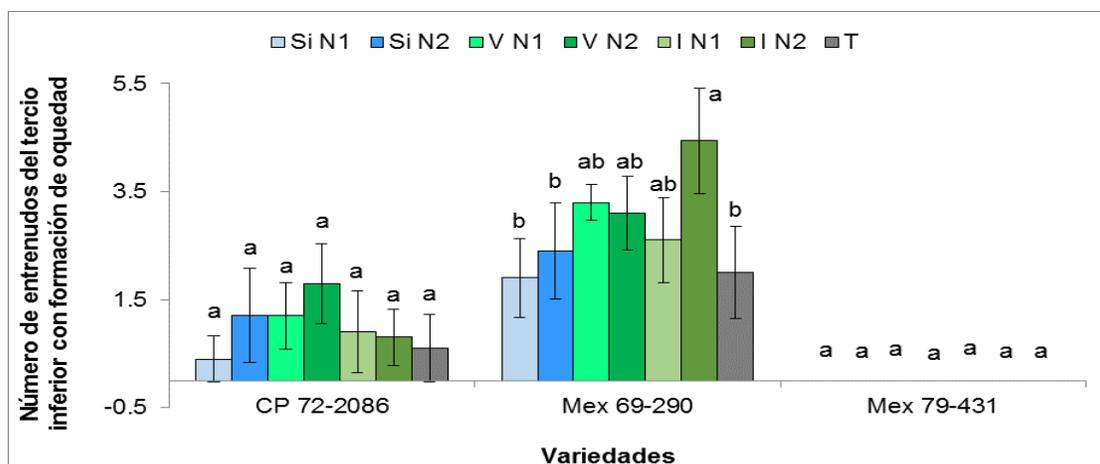


Figura 4. Número de entrenudos del tercio inferior con formación de oquedad en las tres variedades de caña de azúcar. [n = 10, ± SD, t-Student: * ($P \leq 0.05$)]. Si N1 = [0.5 mM]; Si N2 = [1 mM]; V N1 V = [10 μ M]; V N2 = [20 μ M]; I N1 = [11.8 mM]; I N2 = [23.6 mM]; T = Testigo.

Dentro de los elementos clasificados como benéficos, el Si es el más estudiado en caña de azúcar. De acuerdo con Henrique-Krondörfer (2010), éste es considerado como un elemento esencial para la caña de azúcar desde el punto de vista nutricional y agronómico. Silvia-Zossi *et al.* (2010) han encontrado Si en los jugos de caña de azúcar en diferentes variedades con valores comprendidos entre 2265 a 2536 mg L⁻¹ como dióxido de silicio (SiO₂). Dicho elemento se encuentra relacionado con protección de la actividad fotosintética, supresión de la amilasa e inhibición de la actividad invertasa sobre la sacarosa. Contario al Si, se conoce muy poco sobre los efectos de elementos como I y V en el crecimiento y desarrollo de la caña de azúcar. Varios autores han descrito los efectos de estos elementos en diferentes especies de plantas. Entre los efectos benéficos del I podemos enlistar los siguientes: mejora la eficiencia de la utilización de nitrógeno (Blasco *et al.*, 2011) y estimula procesos de floración, por efecto de un incremento en la actividad fotosintética, lo que conduce a una mayor acumulación de azúcares (Landini *et al.* 2012). Al respecto, en la presente investigación se observó un efecto contrario en la floración. Al vanadio se le han atribuido efectos tales como la muerte de plantas antes del periodo de floración (Chongkid *et al.*, 2007), mutaciones en plantas de ajos por efecto de genotoxicidad (Marcano *et al.*, 2006), así como disminuir la biomasa por efecto a elevadas concentraciones de este elemento (Saco *et al.*, 2013). Sin embargo, el efecto que se observó en este estudio fue positivo, dado que la inhibición de la floración en caña de azúcar es deseable, ya que permite mantener los contenidos de sacarosa por más tiempo hasta el momento de la cosecha.

4. CONCLUSIONES

La aplicación foliar de 10 μ M de V y de 11.8 mM de I, resultan efectivos en la inhibición de la floración y en la reducción de la médula en la variedad CP 72-2086. Por otra parte, la aplicación de



23.6 mM de I incrementó la oquedad en la variedad Mex 69-290. En la variedad Mex 79-341, no se observaron respuestas al tratamiento con elementos benéficos.

BIBLIOGRAFÍA

1. B. Blasco, J.J. Ríos, R. Leyva, L.M. Cervilla, E. Sánchez-Rodríguez, M. M. Rubio-Wilhelmi *et al.*, Does iodine biofortification affect oxidative metabolism in lettuce plants? *Biol. Trace Elem. Res.*, 142, 2011, pp. 831–842.
2. B. Chongkid, N. Vachirapatama, and Y. Jirakiattikul, Effects of V on rice growth and vanadium accumulation in rice tissues. *Kasetsart Journal (Nat. Sci.)*, 41, 2007, pp. 28-33.
3. B. Silvia Zossi, G.J. Cárdenas, N. Sorol, y M. Sastre, Influencia de compuestos azúcares y no azúcares en la calidad industrial de caña de azúcar en Tucumán (R. Argentina) Parte 1: caña limpia y despuntada. *Rev. Ind. y Agríc. de Tucumán.*, Vol. 87, 1, 2010, pp. 15-27.
4. D. Saco, S. Martin, and P. San-Jose, Vanadium distribution in roots and leaves of *Phaseolus vulgaris*: morphological and ultrastructural effects. *Biol Plantarum.*, Vol. 57,1, 2013, pp. 128-132.
5. G. Henrique-Krondörfer, “Sílicio,” in *Cana-de-acucar* (Instituto Agronomico, Ribeirao Preto, Brasil, 2010), Capítulo 16, pp. 337-346.
6. IMPA, Veinticinco años de investigación cañera en México. Cámara Nacional de la Industria Azucarera y Alcohólica, (CNIA, México, 1975), 303 p.
7. J.J. Rodríguez-Mercado, y M.A. Altamirano-Lozano, Vanadio: contaminación, metabolismo y genotoxicidad. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental.*, Vol. 22, 4, 2006, pp. 173-189.
8. L. I. Trejo-Téllez, F.C. Gómez-Merino, G. Alcántar-González, “Elementos benéficos”, in *Nutrición de cultivos*, (Mundi Prensa, México, 2007), Capítulo 3, pp. 50-91.
9. M. Landini, S. Gonzali, C. Kiferle, M. Tonacchera, P. Agretti, A. Dimida, *et al.*, Metabolic engineering of the iodine content in *Arabidopsis*. *Sci. Rep.*, Vol. 2,338, 2012, pp. 1-6.
10. S. Salgado-García, L.C. Lagunes-Espinoza, R. Núñez-Escobar, C.F. Ortiz-García, L. Bucio-Alanis, L. y E. Aranda-Ibañez, Caña de azúcar. *Producción sustentable*, (Mundi Prensa-Colegio de Postgraduados, México, 2013) 528 p.
11. J. Borroto, M.A. Blanco, Y. Tambara, Y. Capdesuñer, J.L. Golle, A. Balbé, M. Rivas, A. León, J. Hormaza, H. Peralta, Contenido de carbohidratos asociados al crecimiento y desarrollo de cuatro variedades de caña de azúcar (*Saccharum* sp). *Agronomía Costarricense.*, Vol. 27, 1, 2003, pp. 91-100.