

Normas preliminares DRIS desarrolladas para caña de azúcar a partir de un bajo número de muestras

Aymara Aracelis Sánchez Galíndez⁽¹⁾, Jeglay Giralí Cruz⁽²⁾, Luis Zérega⁽³⁾, Orlando Antonio Rodríguez Rodríguez⁽¹⁾, Sebastião Alberto de Oliveira⁽⁴⁾ y Vianel de Jesús Rodríguez Pérez⁽¹⁾

⁽¹⁾Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado, Decanato de Agronomía, Apartado 400, Caja Postal 3001, Barquisimeto, Venezuela. E-mail: aymaras@ucla.edu.ve, orlandorodriguez@ucla.edu.ve, vianelr@ucla.edu.ve ⁽²⁾Agri de Venezuela, Hacienda La Unión, Sector Tablón de Caña, Chorobobo, Edo. Lara, Venezuela. E-mail: jeglaycruz@yahoo.com ⁽³⁾Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Km 3 Vía El Rodeo, Yaritagua, Venezuela. E-mail: lzerega@inia.gov.ve ⁽⁴⁾Universidade de Brasília, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Campus Universitário Darcy Ribeiro, CEP 70910-900 Brasília, DF, Brasil. E-mail: oliveira@unb.br

Resumen – El objetivo de este trabajo fue evaluar la posibilidad de elaborar normas preliminares DRIS, a partir de un bajo número de muestras foliares provenientes de caña de azúcar cultivada en una unidad homogénea de suelos, como alternativa de diagnóstico del equilibrio nutricional en este cultivo. La investigación fue desarrollada en el área de influencia del Central Azucarero Portuguesa, estado Portuguesa, Venezuela. Entre mayo y julio de 2004, se colectaron y analizaron los contenidos de nitrógeno, fósforo, calcio, magnesio, boro, cobre, hierro, manganeso, zinc y sodio de muestras foliares provenientes de 32 áreas de producción de caña de azúcar, con registros históricos de altos rendimientos en tallos, cultivadas en suelos de la serie Agua Blanca (Aqic Haplustoll). Se verificó la normalidad del banco de datos, lo que dio confiabilidad a las normas preliminares DRIS elaboradas, que presentaron diferencias y coincidencias con sus similares encontradas para la caña de azúcar en la literatura. Se reportó la participación del sodio como norma de diagnóstico. Es posible elaborar bancos de datos normales y normas preliminares DRIS para el diagnóstico nutricional de cultivos de caña de azúcar, a partir de un bajo número de muestras.

Términos para indexación: *Saccharum officinarum*, diagnóstico foliar, estado nutricional, nutrición mineral, sodio.

Preliminary DRIS norms for sugarcane developed from a low number of samples

Abstract – The objective of this work was to evaluate the feasibility of developing preliminary DRIS norms from a low number of leaf samples of sugarcane grown on a homogeneous soil series, as an alternative to diagnose the nutritional equilibrium of the crop. The research was carried out in Central Azucarero Portuguesa sugarcane mill, Portuguesa state, Venezuela. From May to July 2004, composite leaf samples from 32 different sugarcane-producing areas were collected and analyzed for nitrogen, phosphorus, calcium, magnesium, boron, copper, iron, manganese, zinc and sodium. All the sampled areas were from the Agua Blanca series (Aqic Haplustoll) and had a high historical record of stalk productivity. A normal data bank was obtained, which provided confidence for the development of preliminary DRIS norms. These norms showed coincidences and differences with previously reported ones in the literature. The content of sodium as a diagnostic norm was reported. A low number of leaf samples are sufficient to develop norm data banks and preliminary DRIS norms for nutritional diagnosis of sugarcane.

Index terms: *Saccharum officinarum*, leaf diagnosis, nutritional status, mineral nutrition, sodium.

Introducción

En Venezuela, el diagnóstico nutricional del cultivo de la caña de azúcar se realiza con base en los análisis de suelos y, en ocasiones, a través del análisis foliar, a pesar de que, para el cultivo de la caña de azúcar, se dispone de normas foliares DRIS (“diagnosis and recommendation integrated system”) provenientes de Sur África, Estados Unidos y Brasil.

Reis Junior & Monnerat (2002) observaron que el diagnóstico foliar realizado a partir de las normas DRIS brasileñas, generadas de un pequeño número de muestras, no coincidió con el realizado a partir de normas generadas con un gran número de muestras, como las de Sur África y Estados Unidos. Esos autores demostraron que las normas brasileñas fueron más precisas en la evaluación del estado nutricional de

la caña de azúcar en cultivos ubicados en Brasil. Esto apunta a la conveniencia de desarrollar normas DRIS para cada condición productiva, debido a que cada una posee condiciones edafoclimáticas particulares y variedades específicas (Walworth & Sumner, 1987; Nachtigall, 2005).

En consecuencia, para elaborar normas DRIS más específicas para las distintas regiones cañeras venezolanas, se requiere saber el mínimo de muestras necesario y como definir o establecer los límites de una localidad, sobre la cual se elaborarán las normas específicas para la caña de azúcar. Sobre este particular, Rodríguez et al. (2007) elaboraron valores de referencia de suelos y hojas, con solo 32 muestras compuestas, para una unidad de suelos en el cultivo del plátano (*Musa* AAB subgrupo Plátano cv. Hartón), en la zona sur del Lago de Maracaibo, Venezuela, y sustentaron la adecuación del tamaño de la muestra a través de la teoría del límite central. Además, afirmaron que el uso de muestras provenientes de suelos más homogéneos aumenta la probabilidad de obtención de normalidad en la distribución de los datos. Las subpoblaciones normales presentan distribución de sus datos con la media, la moda y la mediana en un único valor, lo que permite que un bajo número de muestras las pueda representar con precisión (Cocharn, 1965).

En el área de influencia del Central Azucarero Portuguesa, los suelos se encuentran clasificados en series (Zérega et al., 2000), las cuales son las unidades más homogéneas en composición y propiedades que admite el sistema de la taxonomía de suelos utilizado en nuestro país. Teóricamente, dos regiones que presentan la misma combinación, en tipo y grado, de los cinco factores formadores de suelo, deben poseer suelos de la misma serie. Este principio es aplicable tanto si ambas regiones son contiguas, como si se encuentran en distintos continentes.

El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar la posibilidad de elaborar normas preliminares DRIS, a partir de bajo número de muestras foliares, provenientes de cultivos de caña de azúcar en una serie única de suelos, dentro del área de influencia del Central Azucarero Portuguesa, Venezuela, como alternativa de diagnóstico del equilibrio nutricional de la caña de azúcar.

Materiales y Métodos

Dentro del área de influencia del Central Azucarero se seleccionaron 32 fincas, o unidades de producción

agrícola, con base en los registros históricos de alta productividad en campo, de las cuales fueron seleccionadas solo aquellas con rendimientos iguales o superiores a los 90 Mg ha⁻¹ de tallos de caña de azúcar, con las variedades CP74-2005, C323-68, SP70-1284, CR74-250, RB74-454, B6749 y PR692176.

El área total muestreada fue de 216 ha, distribuidas al azar dentro de un área mayor de siembra de la caña de azúcar, comprendida entre las localidades Payara, La Misión, Caño Seco, El Cruce y Parigua, en el municipio Páez del estado Portuguesa.

Según el estudio de capacidad de uso, el área muestreada está ubicada en suelos que pertenecen a la subclase IIsd (con limitaciones por fertilidad y drenaje) de la serie Agua Blanca (Aquic Haplustoll), de origen aluvial, en posición de napa de desborde, con drenaje superficial poco restringido, con texturas medias a finas, de topografía plana con pendientes menores de 0,3% (Zérega et al., 2000).

Esta zona presenta temperaturas máxima, mínima y promedio anual de 32, 22 y 27°C, respectivamente. Así mismo, se registran valores promedios diarios de radiación de 394 calorías cm⁻² por día, insolación de 5,9 horas, humedad relativa de 74,3%, y velocidad del viento de 9,2 km h⁻¹; el valor promedio de precipitación total anual es de 1.759 mm, con ocurrencia de meses húmedos entre abril y diciembre y evaporación anual de 1.736 mm, lo que permite clasificar esta área dentro de la categoría de zona húmeda (Zérega et al., 2000).

La unidad experimental estuvo constituida por un tablón de caña, con un máximo de 10 ha, que fue seleccionada completamente al azar en cada finca.

Cada finca recibió dosis variables de fórmulas N-P-K, sin la aplicación de micronutrientes al suelo o a la hoja.

El muestreo se realizó entre los meses de mayo y julio de 2004, justo antes de la inducción floral, en el periodo lluvioso. Dependiendo del ciclo del cultivo, se muestreaban las unidades experimentales con 4 y 6 meses de edad, si estaban en soca o en plantilla, respectivamente. Entre las 6 y 8h de la mañana se colectó una muestra compuesta por cada unidad experimental, formada por 25 hojas con el primer labio visible o "top visible dewlap" (TVD), sanas, únicamente sobre el tallo principal (Gómez-Alvarez, 1971).

El análisis foliar se realizó en la Unidad de Investigación de Suelos y Nutrición Mineral de Plantas, del Decanato de Agronomía de la Universidad

Centroccidental Lisandro Alvarado, Venezuela, como sigue: el tercio medio de la hoja, después de eliminada la nervadura central, fue lavado con una solución de HCl (0,5%), enjuagada con agua destilada y secada a 65°C hasta masa constante. Para la determinación de la concentración de cada elemento, se utilizó el método de incineración (500°C) por 5 horas. Los elementos K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, Zn y Na fueron cuantificados por espectrofotometría de absorción atómica. El nitrógeno se determinó por el método de Kjeldahl (Jones Junior et al., 1991); el fósforo y el boro por colorimetría, a través del complejo metavanadato y azometina H (Malavolta et al., 1997), respectivamente.

El banco de datos se elaboró con los contenidos foliares de N, P, K, Ca, Mg, B, Cu, Fe, Mn, Zn y el rendimiento de campo de cada unidad. Se incluyó al Na, debido a que se le ha sugerido el término de nutriente funcional (Gorham, 2007), y por los beneficios que se le reportan en la acumulación de materia seca en otros cultivos (Subbarao & Stutte, 2002).

A cada una de las variables del banco de datos se les determinó la normalidad de la distribución de los datos mediante la prueba de Shapiro & Wilk (1965). En caso de no tener normalidad, se consideraron dos opciones: la primera fue recurrir a las transformaciones de Box & Cox (1964) para obtener la normalidad; la segunda fue eliminar del banco de datos las variables que no tuviesen normalidad por ninguna de las opciones anteriores. De esa manera, se garantizó que el banco de datos solo estuviese integrado por variables normales.

Las normas preliminares DRIS fueron establecidas de acuerdo con la vía original de Beaufils (1973) y la vía modificada de Sumner (1990). Acorde a Beaufils (1973), para los cálculos se confeccionaron las formas de expresión como cocientes y como productos, entre todos los nutrientes, sin restricción alguna, con un total de 165 combinaciones. Acorde a Sumner (1990), solo se totalizaron 121 combinaciones, debido a las restricciones siguientes: primero los nutrientes se separan en dos grupos, los que se concentran y los que se diluyen según la edad del tejido, luego los cocientes directos se elaboran para los nutrientes de cada grupo por separado y, por último, los productos se obtienen combinando los nutrientes de un grupo (N) con el inverso del nutriente del otro grupo (1/Ca), para el caso de N y Ca, respectivamente; de esta manera, los valores de expresión de las normas de diagnóstico, se mantienen relativamente constantes con la edad de los tejidos.

Para determinación de las formas de expresión a ser consideradas como normas, se seleccionaron, para cada propuesta, las combinaciones que presentasen varianzas en el grupo de baja producción significativamente distintas de las varianzas de los grupos con alta producción de tallos de caña (Malavolta et al., 1997), mediante la prueba de F, al 5% de probabilidad. El punto de corte establecido para separar las subpoblaciones muestreadas fue de 120 Mg ha⁻¹.

A cada una de las formas de expresión seleccionadas en ambas propuestas, se les calculó el promedio, la desviación estándar y el coeficiente de variación, a partir de los datos de la población de alta producción y, posteriormente, se confrontaron los valores con los evaluados por Reis Junior & Monnerat (2002).

Para seleccionar una, entre las normas preliminares generadas a partir de Beaufils (1973) y Sumner (1990), se evaluó el grado de asociación mediante el análisis de correlación entre los índices DRIS (I-DRIS) y los índices de balance nutricional (IBN) – obtenidos a través de la suma algebraica de los valores absolutos de los I-DRIS –, con la producción de tallos de caña.

Los I-DRIS se calcularon a partir de los datos de la subpoblación de baja producción (donde se expresan los desequilibrios nutricionales), con uso de las funciones de comparación de Beaufils (BO) (Beaufils, 1973), de Jones (J) (Jones, 1981) y la función del DRIS modificado de Walworth (M-DRIS) (Walworth, 1985).

La formulación de los I-DRIS, de acuerdo con el método BO y de J, fue la siguiente:

$$X = [f(X/Y_1) + f(X/Y_2) + \dots - f(Y/X_3) + f(X/Y_n)]/Z,$$

en que $f(X/Y_{1\dots n})$ son las funciones de comparación en las cuales aparece el nutriente X; y Z corresponde al número de funciones de los cocientes y productos correspondiente al nutriente X.

Para el M-DRIS, se utilizó una función de comparación adicional, que corresponde al cociente de cada nutriente con la materia seca:

$$X = [f(X/MS) + f(X/Y_1) + f(X/Y_2) + \dots - f(Y/X_3) + f(X/Y_n)]/(Z + 1),$$

en que $f(X/MS)$ es la función de comparación sobre materia seca que corresponde al nutriente X; y $(Z + 1)$ corresponde al número de funciones correspondiente al nutriente X más la función sobre materia seca.

Las funciones de comparación de acuerdo con los métodos BO y M-DRIS [$f(X/Y)$] fueron desarrolladas siguiendo las funciones postuladas por Beaufils en 1973, donde:

si $X/Y > x/y$, $f(X/Y) = 100 K/CV (X/Y - 1)/x/y$, mientras:
si $X/Y < x/y$, $f(X/Y) = 100 K/CV (1 - x/y)/ X/Y$

Para el método alternativo de Jones (1981), solo se utilizó la función siguiente: $f(X/Y) = [(X/Y - x/y) K]/s$.

Para todos los métodos: la expresión X/Y es el valor obtenido entre la relación del contenido de dos nutrientes en la hoja bajo diagnóstico (tanto cocientes como productos), y x/y es la norma DRIS, o media de dicha relación; CV es el coeficiente de variación del cociente, en la población de alta producción; s es la desviación estándar del cociente en esta misma población; K es una constante (10), que aproxima los valores de los índices a valores enteros, sin ningún propósito funcional (Walworth & Sumner, 1987). Sin embargo, se mantiene el valor 10 para efectos de comparación, a pesar de lo reportado por Bataglia et al. (2004) y Wadt et al. (2007).

Para la interpretación de los índices DRIS, fueron obtenidos ejes de interpretación, en función de cada método. Tanto para BO como para J, se utilizó al valor cero como eje de interpretación (I-DRIS $X = 0$, muestra en equilibrio nutricional con relación al nutriente X); mientras, para el M-DRIS, el eje de interpretación fue constituido por el índice de materia seca (IMS) ($-IMS \geq I-DRIS X \leq IMS$, muestra en equilibrio nutricional con relación al nutriente X). Los IMS fueron calculados por la siguiente ecuación: $IMS = [-f(X/MS) - f(Y/MS) \dots - f(n/MS)]/Z$, en que Z es el número de funciones que contienen a los nutrientes X, Y y n.

Una vez determinados los I-DRIS en las muestras del banco de datos de bajo rendimiento, por cada una de las tres propuestas de interpretación, se procedió posteriormente al cálculo del IBN (Walworth & Sumner, 1987).

No se evaluó el grado de asociación entre las variables concentración foliar de nutrientes y sus respectivos I-DRIS, por la gran covarianza que existe entre ellos, ni su asociación con la producción de tallos, por la ausencia de condiciones controladas en la experimentación, fundamentales en estudios con contenidos foliares, pero dispensables en evaluaciones del estado nutricional con DRIS.

Resultados y Discusión

Solamente los valores originales del Cu, Zn, Mn, y Na no siguieron la distribución normal y fueron transformados con los exponentes de Box & Cox (1964) de 7, -4, -2 y -1, respectivamente. Estos resultados indican que la homogeneidad de la serie Agua Blanca, como estrato homogéneo de suelos, aparentemente no fue suficiente para disminuir la varianza de los valores originales de estos nutrientes.

No obstante, la posibilidad de normalización, después de la transformación, y la normalidad obtenida en los datos de los demás nutrientes revelan que la estratificación de la serie de suelo Agua Blanca permitió obtener áreas relativamente homogéneas. Las poblaciones normales pueden ser representadas por un bajo número de muestras (Cochran, 1965), y estas son importantes para la implementación del método DRIS. Por lo tanto, la obtención de normalidad en el presente estudio fue importante para tener confianza en las normas DRIS preliminares obtenidas (Cuadro 1), para el seguimiento del equilibrio nutricional de la caña de azúcar cultivada en la serie Agua Blanca.

Fue posible discriminar las varianzas entre los cocientes de las poblaciones de alta (18 muestras) y de baja (14 muestras) producción de tallos, lo que permitió seleccionar las formas de expresión que conformaron las normas preliminares DRIS. Sin embargo, las formas de expresión obtenidas no fueron semejantes en número: hubo 27 para la propuesta original de Beaufils (1973), mientras que para las de Sumner (1990) fueron 29. Entre ambos casos, solamente fueron coincidentes 17 formas de expresión: K/P, Ca/Cu, Mg/Cu, Zn/Mg, Mn/Mg, B/Mg, Zn/Cu, Fe/Cu, Mn/Cu, B/Cu, Zn/Fe, B/Zn, Mn/Fe, B/Fe, Na/Mg, Na/Cu y KxZn. Las diferencias en número de formas de expresión seleccionadas (27 y 29) y solo 17 coincidencias son motivadas por las restricciones impuestas por Sumner (1990), dado que además de separar los nutrientes por grupos, acorde a su comportamiento con la edad del tejido, indica que los productos provienen de cocientes con el recíproco del nutriente entre grupos diferentes.

Cuando se compararon las formas de expresión de Beaufils (1973) con sus semejantes, discutidas por Reis Junior & Monnerat (2002), se observó que prácticamente no se parecían en nada, dado que las coincidencias fueron aún menores – apenas cinco de un total de 28: K/P, N/Cu, Zn/P, Ca/Cu, Mn/Cu. Esto refuerza la importancia de desarrollar normas DRIS

para cada condición productiva, en razón de las pocas coincidencias obtenidas, tal como indican Terra et al. (2007) para el cultivo de la vid.

Con relación al Na, se presentaron dos formas de expresión ($p < 0,05$), una con el Mg y la otra con el Cu, las cuales denotaron la participación del Na en el equilibrio nutricional. Al respecto, se puede citar a Merhaut (2007), quien menciona que las deficiencias de Mg pueden estar asociadas por sus relaciones antagónicas con el Na, así como con otros nutrientes. No obstante, para el cultivo de la caña de azúcar, Leal et al. (2009) aplicaron aguas residuales con excesos de Ca y Na y no lograron reportar efectos definidos para ambos nutrientes.

Los resultados muestran que las medias de las formas de expresión coincidentes (K/P, N/Cu, Zn/P, Ca/Cu, Mn/Cu) no resultaron ser semejantes a los valores normales reportados por Reis Junior &

Monnerat (2002). Estas diferencias se explican por el hecho de que los nutrientes Cu, Zn y Mn están transformados para nuestras normas.

También se destacan diferencias entre las normas del coeficiente de variación, en que los máximos reportados (Cuadro 1) para el método de Beaufils (1973) fueron para el cociente K/Cu, con 39,3%, y para el método de Sumner (1990) fueron para el cociente B/Cu, con 35,2%; evidentemente distintos en su dispersión y nutrientes que le componen a los presentados por Reis Junior & Monnerat (2002), quienes reportaron los máximos en el cociente Ca/K, con 56,2% para la norma brasileña, 77% en el cociente Mg/Mn para la norma americana, y 36,2% en el cociente Mg/K en la norma de Sur África. Con esta discusión se aprecian dos aspectos: por un lado, la homogeneidad de la subpoblación de 18 muestras, la cual se evidenció con coeficientes de variación mas bajos en los nutrientes

Cuadro 1. Promedios, desviación estándar (S) y coeficiente de variación (CV) de las normas DRIS, en la población de alto rendimiento en las hojas de caña de azúcar, según las propuestas de Beaufils (1973) y Sumner (1990).

| Forma de expresión | Beaufils (1973) | | | Forma de expresión | Sumner (1990) | | |
|--------------------|-----------------|--------|--------|---------------------|---------------|--------|--------|
| | Promedios | S | CV (%) | | Promedios | S | CV (%) |
| - | - | - | - | P/MS ⁽¹⁾ | 0,33 | 0,04 | 13,6 |
| K/P | 3,83 | 0,65 | 17,0 | K/P | 3,83 | 0,65 | 17,03 |
| Ca/Cu | 0,24 | 0,07 | 30,7 | Ca/Cu | 0,24 | 0,07 | 30,7 |
| Mg/Cu | 0,05 | 0,012 | 23,8 | Mg/Cu | 0,05 | 0,012 | 23,8 |
| Zn/Mg | 2,58 | 0,52 | 20,3 | Zn/Mg | 2,58 | 0,52 | 20,3 |
| Mn/Mg | 4,08 | 0,87 | 21,3 | Mn/Mg | 4,08 | 0,87 | 21,3 |
| B/Mg | 43,78 | 12,59 | 28,8 | B/Mg | 43,78 | 12,59 | 28,8 |
| Zn/Cu | 0,13 | 0,035 | 26,3 | Zn/Cu | 0,13 | 0,035 | 26,3 |
| Fe/Cu | 42,27 | 10,7 | 25,4 | Fe/Cu | 42,27 | 10,7 | 25,4 |
| Mn/Cu | 0,21 | 0,05 | 24,7 | Mn/Cu | 0,21 | 0,05 | 24,7 |
| B/Cu | 2,29 | 0,80 | 35,2 | B/Cu | 2,29 | 0,80 | 35,2 |
| Zn/Fe | 0,003 | 0,0006 | 19,0 | Zn/Fe | 0,003 | 0,0006 | 19,0 |
| B/Zn | 17,40 | 5,53 | 31,8 | B/Zn | 17,40 | 5,53 | 31,8 |
| Mn/Fe | 0,005 | 0,0006 | 12,3 | Mn/Fe | 0,005 | 0,0006 | 12,3 |
| B/Fe | 0,05 | 0,01 | 25,9 | B/Fe | 0,05 | 0,01 | 25,9 |
| Na/Mg | 14,95 | 3,40 | 22,7 | Na/Mg | 14,95 | 3,40 | 22,7 |
| Na/Cu | 0,78 | 0,22 | 28,6 | Na/Cu | 0,78 | 0,22 | 28,6 |
| K×Zn | 0,35 | 0,06 | 16,1 | K×Zn | 0,35 | 0,06 | 16,1 |
| N/Cu | 0,88 | 0,29 | 32,4 | Cu×N | 0,23 | 0,07 | 31,4 |
| P/Cu | 0,14 | 0,05 | 37,5 | Cu×P | 1,45 | 0,39 | 27,1 |
| Zn/N | 0,14 | 0,02 | 13,3 | Fe×P | 0,03 | 0,007 | 20,7 |
| K/Cu | 0,53 | 0,21 | 39,3 | Mg×K | 7,40 | 1,53 | 20,7 |
| K×Cu | 3,20 | 0,98 | 30,8 | Cu×K | 0,38 | 0,09 | 24,7 |
| B/N | 2,32 | 0,58 | 25,0 | Na×P | 1,89 | 0,27 | 14,5 |
| Mn/N | 0,22 | 0,03 | 12,7 | Ca×N | 0,95 | 0,20 | 21,2 |
| Zn/P | 0,90 | 0,021 | 23,2 | Ca×P | 6,20 | 1,67 | 27,0 |
| Mn/P | 1,40 | 0,20 | 14,1 | Mg×N | 4,40 | 1,27 | 29,1 |
| B/P | 15,08 | 4,38 | 28,9 | Mg×P | 28,36 | 7,92 | 27,9 |
| - | - | - | - | Fe×N | 0,005 | 0,0007 | 13,6 |

⁽¹⁾P/MS, en g kg⁻¹. MS, materia seca.

estudiados. Por el otro, que la mayor variabilidad nutricional, expresada en los coeficientes de variación, se reflejan en diferentes formas de expresión entre las normas citadas (Venezuela, Brasil, USA y Sur África) para el mismo cultivo, siendo entre las razones de ese efecto – además de las diferentes condiciones edafoclimáticas de las normas reportadas para esos países –, las diferencias en elaborar las formas de expresión, sea por Beaufils (1973) o Sumner (1990).

Con relación a seleccionar y recomendar las normas generadas por los métodos de Beaufils (1973) o Sumner (1990), las correlaciones entre I-DRIS e IBN con la producción de tallos de caña no superaron 0,56, lo que explica porque los I-DRIS e IBN no provenían de experimentos de fertilización, en los que se puede variar la dosis de un nutriente y controlar la dosis de los demás para obtener correlaciones significativas. A pesar de la ventaja que implica utilizarlos, debido a que la producción de tallos estaría representada por el equilibrio nutricional de los I-DRIS, no fue posible obtener valores que permitiesen separar las normas por este criterio. En virtud de esto, se recomienda utilizar ambas normas, de manera a evaluar, mediante el seguimiento del equilibrio de la zona cañera de la serie Agua Blanca, cual de las dos ofrece los mejores diagnósticos.

Conclusión

Muestreos con bajo número de muestras foliares, en áreas relativamente homogéneas, permiten la elaboración de bancos de datos normales y normas preliminares DRIS específicas para el área de cultivo de donde provienen las muestras.

Referencias

- BATAGLIA, O.C.; QUAGGIO, J.A.; SANTOS, W.R. dos; ABREU, M.F. de. Diagnose nutricional do cafeeiro pelo DRIS variando-se a constante de sensibilidade dos nutrientes de acordo com a intensidade e frequência de resposta na produção. *Bragantia*, v.63, p.253-263, 2004.
- BEAUFILS, E.R. **Diagnosis and recommendation integrated system (DRIS): a general scheme for experimentation and calibration based on principles developed from research in plant nutrition.** Pietermaritzburg: University of Natal, 1973. 132p. (Soil Science Bulletin, 1).
- BOX, G.E.P.; COX, D.R. An analysis of transformation. *Journal of Royal Statistics Society*, v.26, p.211-234, 1964.
- COCHRAN, W.G. **Técnicas de amostragem.** Rio de Janeiro: Fundo de Cultura, 1965. 553p.
- GÓMEZ-ALVAREZ, F. Effect of time of sampling in sugarcane on foliar analysis in Venezuela. In: CONGRESS OF THE INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGARCANE TECHNOLOGY, 14., 1971, Franklin. **Proceedings.** Franklin: [s.n.], 1971. v.8, p.702-707.
- GORHAM, J. Sodium. In: BARKER, A.V.; PILBEAM, D.J. (Ed.). **Handbook of plant nutrition.** Boca Raton: CRC Press, 2007. p.569-575.
- JONES JUNIOR, J.B.; WOLF, B.; MILLS, H.A. **Plant analysis handbook.** Athens: Micro Macro, 1991. 213p.
- JONES, C.A. Proposed modifications of the diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) for interpreting plant analyses. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.12, p.785-794, 1981.
- LEAL, R.M.P.; FIRME, L.P.; MONTES, C.R.; MELFI, A.J.; PIEDADE, S.M. de S. Soil exchangeable cations, sugarcane production and nutrient uptake after wastewater irrigation. **Scientia Agricola**, v.66, p.242-249, 2009.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. de. **Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações.** 2.ed. rev. atual. Piracicaba: Potafos, 1997. 319p.
- MERHAUT, D.J. Magnesium. In: BARKER, A.; PILBEAM, D.J. (Ed.). **Handbook of plant nutrition.** Boca Raton: CRC Press, 2007. p.146-172.
- NACHTIGALL, G.R. **Épocas de amostragem, porta-enxertos, cultivares e densidade de plantio na avaliação do estado nutricional da macieira pelo método DRIS.** 2005. 92p. Relatório (Pós-Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.
- REIS JUNIOR, R. dos A.; MONNERAT, P.H. Sugarcane nutritional diagnosis with DRIS norms established in Brazil, South Africa, and the United States. **Journal of Plant Nutrition**, v.25, p.2831-2851, 2002.
- RODRÍGUEZ, V.J.; MALAVOLTA, E.; SÁNCHEZ, A.; RODRÍGUEZ, O.; LAVORANTI, O.; GUERRA, E. Soil and plant reference norms for evaluating horn plantain nutritional status. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.38, p.1371-1383, 2007.
- SHAPIRO, S.S.; WILK, M.B. An analysis of variance test for normality (complete samples). **Biometrika**, v.52, p.591-611, 1965.
- SUBBARAO, G.V.; STUTTE, G.W. Sodium: a functional nutrient in plants. In: PESSARAKLI, M. (Ed.). **Handbook of plant and crop physiology.** 2nd ed. New York: Marcel Dekker, 2002. p.363-384.
- SUMNER, M.E. Advances in the use and application of plant analysis. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.21, p.1409-1430, 1990.
- TERRA, M.M.; GERGOLETTI, I.F.; PIRES, E.J.P.; BOTELHO, R.V.; SANTOS, W.R. dos; TECCHIO, M.A. Avaliação do estado nutricional da videira 'Itália' na região de São Miguel Arcanjo-SP, utilizando o sistema integrado de diagnose e recomendação. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.29, p.710-716, 2007.

WADT, P.G.S.; SILVA, D.J.; MAIA, C.E.; TOMÉ JUNIOR, J.B.; PINTO, P.A. da C.; MACHADO, P.L.O. de A. Modelagem de funções no cálculo dos índices DRIS. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p.57-67, 2007.

WALWORTH, J. **The development of diagnostic soil and foliar norms for alfalfa**. 1985. 115p. Dissertation (PhD) - University of Georgia, Athens.

WALWORTH, J.L.; SUMNER, M.E. The diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). In: STEWART, B.A. (Ed.). **Advances in soil science**. New York: Springer Verlag, 1987. v.6, p.149-188.

ZÉREGA, L.; GUINAND, E.; GUINAND, A. Caracterización de los recursos agroecológicos de una finca cañamelera en el estado Portuguesa. **Caña de Azúcar**, v.18, p.17-42, 2000.

Recibido el 25 marzo de 2009 y aceptado el 4 noviembre de 2009