

Recibido / received: 10 diciembre 2014
Aceptado / accepted: 10 febrero 2015
Publicado / published: 06 junio 2015
ISSN 1390-9541

FUNDAMENTOS PARA EL EMPLEO EFICIENTE DE LOS FERTILIZANTES NITROGENADOS EN LA CAÑA DE AZÚCAR EN CUBA

Hipólito Pérez Iglesias¹, Irán Rodríguez Delgado¹
Universidad Técnica de Machala (Ecuador) ¹
hperez@utmachala.edu.ec¹

Cómo citar este artículo: Pérez, H. y Rodríguez, I. (2015) Fundamentos para el empleo eficiente de los fertilizantes nitrogenados en la caña de azúcar en Cuba. CUMBRES, Revista Científica. 1(1) 09 - 15

RESUMEN

Los resultados obtenidos durante 45 años de investigación desarrollada en 3000 cosechas de experimentos de campo, bajo diferentes ecosistemas cañeros de Cuba, mostraron que las necesidades de nitrógeno están asociadas al tipo de cepa, al rendimiento que es posible alcanzar con la fertilización y a características del suelo, como: hidromorfía y compactación, además del porcentaje de la materia orgánica, que es un indicador eficaz para diagnosticar el contenido de nitrógeno presente en el suelo. Con estos fundamentos se elaboró una recomendación de fertilizantes nitrogenados en la caña de azúcar, lo cual constituye un logro y una herramienta de extrema utilidad para el productor cañero, por los resultados que es posible alcanzar sin dañar el medio ambiente, lo cual está en perfecta concordancia con los principios de agricultura sostenible, es decir, aplicar la cantidad de fertilizante nitrogenado justamente necesario para obtener un rendimiento óptimo y preservar el ecosistema.

Palabras clave: Fertilizante nitrogenado, recomendación, suelo, caña de azúcar.

ABSTRACT

The results obtained during 45 years of research conducted in 3000 crops of field experiments under different sugarcane ecosystems of Cuba, showed that nitrogen requirements are associated with the type strain, the performance that can be achieved with fertilization and soil

characteristics as: hydromorphy and compaction, and the percentage of organic matter, which is effective for diagnosing the content of nitrogen in the soil indicator. With these basics a recommendation of nitrogen fertilizers in sugar cane was developed, which is an achievement and an extremely useful tool for sugarcane producer, for results that can be achieved without damaging the environment, which is perfect accordance with the principles of sustainable agriculture, that is, apply the amount of nitrogen fertilizer just needed to get optimal performance and preserve the ecosystem.

Keywords: Nitrogen fertilizer, recommendation, soil, sugarcane.

INTRODUCCIÓN

Para cualquier país productor de caña de azúcar contar con una recomendación, científicamente argumentada, para la aplicación de fertilizantes minerales constituye una herramienta de extrema utilidad. Todas las labores que se realizan en la cadena productiva de la caña de azúcar son importantes y deben estar armónicamente sincronizadas, lo cual asegura que los rendimientos no declinen vertiginosamente.

Especial atención se necesita brindar a la nutrición de esta planta y en particular a la fertilización nitrogenada, ya que en las condiciones del trópico, donde los procesos de degradación del suelo son intensos, esta labor constituye una práctica cultural de máxima importancia para que los

campos de caña alcancen rendimientos adecuados y estables, lo cual no es posible garantizar sin la aplicación de fertilizantes minerales, propiciar una nutrición balanceada del cultivo y mucho menos alcanzar producciones altas y rentables. El elevado costo de la fertilización, exige realizar un uso oportuno y efectivo para asegurar el máximo aprovechamiento.

En este trabajo se resumen los principales resultados alcanzados, en más de 3000 cosechas de experimentos de campo, durante 45 años de trabajo experimental, del Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA, 2003). Se exponen los elementos básicos indispensables para manejar adecuadamente la fertilización nitrogenada de la caña de azúcar en las condiciones edafoclimáticas de Cuba, sin olvidar que los fertilizantes minerales son los de mayor impacto negativo en el entorno cuando se usan en exceso, sobre todo los nitrogenados, sin embargo bien utilizados son capaces de aumentar los rendimientos hasta en un 25 %, incrementar significativamente la rentabilidad del productor y la calidad de la materia prima en armonía con el entorno.

El trabajo se realizó con el objetivo de brindar al productor los fundamentos que se deben tener presente, al momento de la aplicación de fertilizantes nitrogenados, en los diferentes ecosistemas cañeros del país, al contar con una recomendación científicamente argumentada, la cual puede servir, además, como referencia para otros países con condiciones similares.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la realización del trabajo se consideraron los resultados de más de 3000 cosechas de experimentos de campo, efectuadas en los principales ecosistemas cañeros de Cuba. Las parcelas experimentales eran de seis hileras a una distancia de 1.60 m y 7.5 m de largo, las evaluaciones se realizaron en las cuatro hileras centrales, por lo que el área útil de cada parcela experimental fue de 48 m².

Los diseños experimentales utilizados fueron el rectángulo latino (10x5) y el de bloques al azar con cuatro repeticiones donde la variable independiente fue la fertilización nitrogenada y los niveles las distintas dosis utilizadas y la variable dependiente el rendimiento en toneladas de caña por hectárea obtenido.

La conducción de los experimentos y el pesaje directo de la caña de cada parcela se efectuó según las Normas Me-

todológicas del (INICA, 2003), a cada cosecha se le efectuó un análisis estadístico (Prueba T Student) para determinar la mínima diferencia significativa al 0.05 de probabilidad de ocurrencia del error (confiabilidad del 95%). Posteriormente se determinó la respuesta de las diferentes cepas de caña a la fertilización nitrogenada utilizando la prueba no paramétrica de Willcoxon. El diagnóstico foliar se realizó por el método TVD.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La nutrición de las plantas depende de 16 elementos esenciales. De ellos, tres: Carbono (C), Hidrógeno (H) y Oxígeno (O) constituyen cerca del 95% de la planta y provienen del agua y del aire. Estos tres elementos participan en la fotosíntesis. Los 13 elementos restantes se clasifican en mayores primarios Nitrógeno (N), Fósforo (P) y Potasio (K), mayores secundarios Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Azufre (S) y microelementos Cloro (Cl), Hierro (Fe), Manganeseo (Mn), Boro (B), Zinc (Zn), Cobre (Cu) y Molibdeno (Mo), los cuales las plantas absorben del suelo o de los fertilizantes y enmiendas que se aplican (INPOFOS, 1995).

El hecho de que un elemento se encuentre formando parte de los tejidos de la planta no es prueba de que resulte esencial, pues para ello deben cumplirse determinados requisitos como son:

- El elemento debe estar directamente implicado en el metabolismo de la planta.
- En caso de insuficiencia aparecerán anomalías o síntomas definidos.
- De faltar, la planta no completará su ciclo vegetativo o reproductivo.

Para realizar un aprovechamiento óptimo de los fertilizantes minerales es necesario precisar en cada campo de caña (unidad mínima de manejo agronómico, UMMA) cual o cuales nutrientes limitan el rendimiento del cultivo y que dosis, momento, lugar y forma de aplicación del fertilizante que lo(s) contiene debe utilizarse para alcanzar los mejores resultados económicos y ecológicos, basado en los principios del manejo sostenible de tierras.

Diagnóstico de la necesidad de nitrógeno por la caña de azúcar

El análisis químico de muestras de suelo resulta de poca utilidad con fines de diagnóstico para la fertilización nitrogenada, dada la participación de dos sistemas biológicos

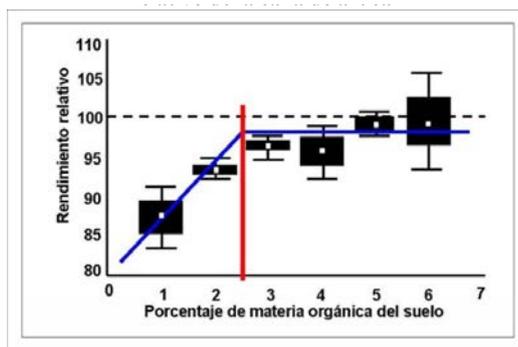
en la absorción de este nutriente por las plantas: a) la mineralización de la materia orgánica del suelo (MOS) y b) la propia planta.

Las recomendaciones de fertilizante nitrogenado que se dan este trabajo, se basan en resultados obtenidos en experimentos de campo bajo diferentes condiciones edafoclimáticas, los cuales han mostrado que las necesidades de este elemento están asociadas al tipo de cepa, al rendimiento que es posible alcanzar con la fertilización y a características del suelo, como: la hidromorfía y la compactación, muy asociadas con la aireación del suelo y el ambiente en general en que se desarrollan los microorganismos del suelo.

El contenido de materia orgánica de la capa arable del suelo es también un criterio asumido para la determinación de las dosis de nitrógeno a aplicar Figura 1. (Relación entre contenido de materia orgánica del suelo y el rendimiento relativo de la caña de azúcar)

Al respecto (De León, 2001) reportó que a contenidos de MOS menores de 2,5 % se incrementa la respuesta de la caña de azúcar a las aplicaciones de N y que con valores superiores a 6 % no se observaba respuesta a la fertilización nitrogenada. (Pablos, 2008) corroboró la importancia de la materia orgánica del suelo como factor importante para la estimación de las dosis de nitrógeno necesarias para la caña de azúcar Tabla 1. (Corrección de la dosis en

Figura 1. Relación entre contenido de materia orgánica del suelo y el rendimiento relativo de la caña de azúcar



Elaborado por: (Pérez et al., 2014)

base al N de la hoja TVD, tomada a los cuatro y cinco meses de edad de la planta de caña de azúcar).

Efectos del nitrógeno sobre el rendimiento agrícola.

Cuando la disponibilidad de formas asimilables del N es limitativa, su aplicación origina un incremento progresivo de la población de tallos, lo que es considerado como el mayor efecto de los fertilizantes nitrogenados sobre la pro-

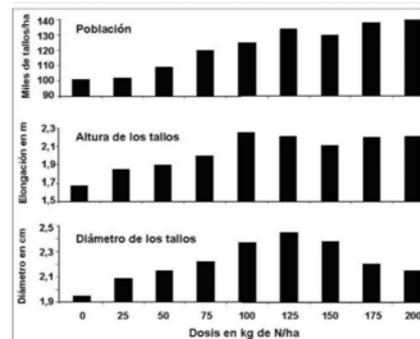
Tabla 1. Corrección de la dosis en base al N de la hoja TVD, tomada a los cuatro y cinco meses de edad de la planta de caña de azúcar

Categoría	Edad de la muestra		Corrección de dosis
	4 meses	5 meses	
	%		kg de N ha ⁻¹
Deficiente	< 1,3	< 1,2	> 70
Moderado	1,3 – 1,6	1,2 – 1,5	20 – 70
Abastecido	1,6 – 2,0	1,5 – 1,9	0 – 20
Excesivo	> 2,0	> 1,9	0

Elaborado por: (Pérez et al., 2014)

ducción. Este efecto se manifiesta con diferente intensidad en las distintas cepas, ausente frecuentemente en caña planta y más marcada en los retoños o socas. El aumento del número de tallos «molibles» alcanza un límite no superado por cantidades adicionales del nutriente. Algo similar ocurre con el ritmo de elongación y el grosor del tallo, se incrementan hasta cierto límite, rebasado el cual no se producen nuevos efectos. La Figura 2. (Efecto de diferentes dosis de nitrógeno sobre las componentes del rendimiento

Figura 2. Efecto de diferentes dosis de nitrógeno sobre las componentes del rendimiento agrícola en un tercer retoño del cultivar Ja60-5



Elaborado por: (Pérez et al., 2014)

agrícola en un tercer retoño del cultivar Ja60-5) muestra los referidos componentes del rendimiento en un tercer retoño.

La acción del nitrógeno como estimulante del ahijamiento y de la población de tallos ha sido referida por muchos autores desde tiempos pretéritos, entre los que se encuentran los clásicos investigadores que trazaron pautas sobre la nutrición de la caña de azúcar, (Borden, 1943) y (Van Dillewijn, 1975). Estos autores coinciden en que el mayor efecto del nitrógeno sobre la producción de caña es debido al aumento del número de tallos molibles.

Paralelamente, las aplicaciones de nitrógeno, al acrecentar el área foliar y contribuir a la formación de clorofila, favorecen la actividad fotosintética y estimulan la formación de

materia seca. La insuficiencia de este nutriente disminuye la actividad de las enzimas responsables de la fijación del CO₂.

Exportación de nitrógeno por la cosecha. La media de extracción de nitrógeno para la caña de azúcar en Cuba está en el entorno de 1,18-1,49 kg/t de caña, con un valor correspondiente a la exportación de 0,50-0,55 kg de N/t de tallos. Estos valores son dependientes de las variedades utilizadas y de las circunstancias en que se realiza la cosecha. Cuando se eleva el nivel de nitrógeno aplicado al suelo, aumenta el índice de extracción por la planta, sin obtener los correspondientes incrementos de producción Tabla 2. (Incremento de la extracción de N por la caña de azúcar cuando se eleva el nivel de aplicación de este elemento).

Factores que determinan la efectividad en el uso del nitrógeno

Tabla 2. Incremento de la extracción de N por la caña de azúcar cuando se eleva el nivel de aplicación de este elemento

N kg ha ⁻¹	Caña t ha ⁻¹	N extraído	
		kg ha ⁻¹	kg t de caña
0	70	72	1.03
120	101	122	1.21
300	105	178	1.69

Elaborado por: (Pérez et al., 2014)

El efecto de las aplicaciones de N sobre la caña de azúcar no es uniforme, está determinado por factores dependientes del genotipo, del ambiente y del manejo que el hombre realiza de la fertilización y del cultivo.

Interacción nitrógeno-variedad. Las variedades muestran entre sí diferencias morfológicas y fisiológicas que pueden obrar sobre la capacidad de las mismas para asimilar nutrientes. Así se tiene, por ejemplo, distinta amplitud del sistema radical, o de la actividad fotosintética, o de la aptitud para acumular nutrientes.

La interacción nitrógeno-variedad no ha sido suficientemente estudiada en Cuba, en los cultivares comerciales Ja60-5, C87-51, B4362, My5514 y My5354 no se encontró interacción en ningún caso. No obstante el hecho de no haberse encontrado interacción en los análisis estadísticos, los resultados de primer retoño en suelos vérticos mostraron mejor respuesta a las aplicaciones de nitrógeno con las variedades Ja60-5, B4362 y C87-51.

Uso del nitrógeno por las diferentes cepas. Para las condiciones de Cuba se ha demostrado que la caña de azúcar plantada en «primavera» (enero a junio) bajo condicio-

nes normales de cultivo y para cualquier edad de cosecha, no requiere de la aplicación de N para producir al mes hasta 10 t de caña ha⁻¹ y aunque en las plantaciones de «frío» (julio a diciembre) se han encontrado respuestas ocasionales a dosis bajas (40 a 75 kg de N ha⁻¹), en la actualidad se prefiere prescindir de las aplicaciones de N a las mismas, debido a la baja frecuencia que se observan las respuestas excepto en los casos de hidromorfía, compactación manifiesta u otra condición de estrés presente en el suelo.

Los efectos beneficiosos de la fertilización nitrogenada sobre los retoños son más frecuentes y en la actualidad hay consenso en admitir que la demanda de N aumenta con el número de cortes, hasta un límite. Las dosis de N para retoños, referidas con mayor frecuencia por autores de la literatura cañera de diversos países varían en el intervalo de 100 a 150 kg de N ha⁻¹. Bajo las condiciones de Cuba se ha observado que por lo general dosis de 75 a 150 kg de N ha⁻¹ son suficientes.

La necesidad de aplicaciones crecientes de N en los retoños se explica comúnmente por el deterioro gradual de las condiciones del suelo. En las cepas de planta las condiciones del suelo favorecen el aprovechamiento de sus

Tabla 3. Frecuencia por tipo de suelo con que se manifiestan efectos favorables ante la fertilización nitrogenada en cepas de caña planta

Suelo	Cantidad de cosechas efectuadas		Frecuencia favorable
	Total	Con respuesta	Porcentaje (%)
Ferralítico Rojo	96	4	4,2
Ferralítico Amarillento	28	3	10,7
Ferralítico Cuarcítico	10	2	20,0
Pardo con Carbonatos	69	2	2,9
Pardo sin Carbonatos	23	3	13,0
Total	338	30	8,8

Elaborado por: (Pérez et al., 2014)

reservas de nitrógeno, pero no debe relegarse a un plano secundario los aspectos fisiológicos y morfológicos de cada cepa Tabla 3. (Frecuencia por tipo de suelo con que se manifiestan efectos favorables ante la fertilización nitrogenada en cepas de caña planta).

La influencia del suelo y la cepa sobre el uso del N en la fertilización de la caña de azúcar, es muy significativa en Cuba, la prioridad de los retoños respecto a la caña planta es muy superior.

La necesidad de este nutriente aumentó con el número de cortes, la mayor estabilidad en la respuesta se obtuvo en el segundo retoño, hubo un efecto favorable del nitrógeno sobre la durabilidad de la cepa, la conveniencia de aplicarlo al momento de la siembra (cuando por razones justificadas se espere respuesta en cepas de planta) o lo más pronto posible tras el corte de los retoños, próximo al sistema radical, sin necesidad de fraccionarlo, pudiendo

utilizar indistintamente urea, sulfato de amonio o nitrato de amonio, así como que altas dosis; superiores a 150 kg de N ha⁻¹, mostraron tendencia a disminuir la riqueza en sacarosa de los jugos.

Las dosis óptimas encontradas en condiciones experimentales, por suelos y cepas, se muestran en el Tabla 4. (Dosis óptimas de nitrógeno en tres tipos de suelo y cepas de retoños para producciones de 8 a 10 t de caña/ha/mes).

Llegándose a la conclusión que las respuestas en caña planta se producen en suelos de textura gruesa y en presencia de hidromorfía siendo necesaria la aplicación de fertilizante nitrogenado.

El mejor uso de la fertilización nitrogenada por los retoños se debe, en lo fundamental, al deterioro de la estructura del suelo a causa de la compactación, situación acentuada en las cepas más viejas y en los suelos más plásticos, mientras las cepas de planta no sólo disponen de mejores condiciones físicas en el suelo, sino también de mayor contenido de materia orgánica incorporada al suelo, factores ambos derivados de los procesos de renovación de cepas (Pérez et al., 2013).

Para (De León, 2001) el analizar las medidas de tendencia central por cepas de caña planta (PL) y retoños (R) y agrupamiento de suelos, con relación a la respuesta ante la fertilización nitrogenada, encontró comportamientos diferentes. Así, en el análisis para todos los suelos se manifestó un aumento de la respuesta, expresada en rendimiento relativo, según avanzó el número de cortes, más dispersa,

a partir del quinto retoño encontrándose casos exentos de respuesta.

La no aplicación consecutiva de N en caña planta y primer retoño no afecta a las restantes cepas. La Tabla 5. (Resultados obtenidos en las cosechas de segundo retoño de los experimentos de N por cepas realizados en Suelo Ferralítico Rojo con una precipitación promedio anual de 1292,6 mm), muestra los resultados obtenidos en un suelo Ferralítico Rojo, con efectos beneficiosos producto de la fertilización nitrogenada sólo en el tercer retoño, cosecha en la que no hubo influencia desfavorable debida a la ausencia de fertilización en las dos primeras cepas.

Influencia del suelo. Después de la cepa el otro factor que con más fuerza determina la respuesta de la caña de azúcar ante las aplicaciones de nitrógeno, es el suelo, éstos difieren en el contenido de MOS, reserva potencial de N, en composición mineralógica, en capacidad para mineralizar N y para favorecer pérdidas del mismo. En suelos con predominio de arcillas 1:1 el comportamiento es diferente, no solo son poco frecuentes las respuestas al N en las cepas de planta, sino que también son escasas en el primer retoño.

Influencia de la lluvia. A bajos niveles de lluvia corresponde mayor necesidad de N, hasta un límite. Cuando la lluvia excede los 1000 mm se necesita una dosis menor. Un nivel de precipitación anual de 1200 mm se considera óptimo, y con precipitaciones de 1600 mm en adelante el efecto de las aplicaciones de N sobre la producción prácticamente son nulas.

Tabla 4. Dosis óptimas de nitrógeno en tres tipos de suelo y cepas de retoños para producciones de 8 a 10 t de caña/ha/mes

Suelo	Cepas		
	Primer retoño	Segundo retoño	Otros retoños
	Dosis en kg de N ha ⁻¹		
Ferralítico Rojo	50 a 75	125 a 175	200
Ferralítico Amarillento		125 a 150	180
Vertisuelos		75 a 125	200

Tabla 5. Resultados obtenidos en las cosechas de segundo retoño de los experimentos de N por cepas realizados en Suelo Ferralítico Rojo con una precipitación promedio anual de 1292,6 mm

Tratamiento			Rendimiento		
Planta	Retoño 1	Retoño 2	Agrícola (t ha ⁻¹)	Azucarero	
	N kg ha ⁻¹			Pol (%)	Pol (t ha ⁻¹)
0	0	0	83,21 b	17,63	14,67 b
		75	96,88 a	17,33	16,77 a
		150	98,44 a	17,53	17,25 a
	75	75	99,53 a	17,32	17,27 a
	150	150	98,92 a	17,48	17,27 a
75	75	75	93,92 a	17,23	16,18 ab
150	150	150	96,99 a	17,34	16,82 a
Coeficiente de variación (%)			8,53	2,07	8,36

Elaborado por: (Pérez et al., 2014)

Formas de aplicación. Muchos autores coinciden en que la mejor forma de aplicar los fertilizantes nitrogenados es enterrándolos, próximos al sistema radical, de 8 a 10 cm de profundidad. De esta forma se establece un contacto más directo del fertilizante con las raíces y se evitan diversas pérdidas, sobre todo por volatilización. Incrementos de rendimiento agrícola de 10 a 15% que representan de 1,8 a 2,4 t de azúcar ha⁻¹, se obtuvieron cuando el N se aplicó enterrado en los retoños sobre suelos Ferralíticos Rojos y Ferralíticos Amarillentos, respectivamente.

La aplicación de fertilizante enterrada al centro de la cepa de caña, ha mostrado buenos resultados. No sólo porque se sitúa el fertilizante en la rizosfera, donde su absorción por la planta está garantizada con reducción de pérdidas, sino que al seccionarse las cepas se coadyuva en el control del efecto de la dominancia apical y es más profuso el ahijamiento, con el correspondiente incremento de tallos por plantón. Componente principal del rendimiento agrícola.

Fuentes portadoras de nitrógeno. Aunque existe una amplia disponibilidad de fuentes portadoras de N, las que más se utilizan son:

Nitrato de amonio: Aporta 34% de N. Por poseer el anión NO₃ no debe usarse en suelos húmedos o anegados para evitar la reducción del nitrato (pérdidas gaseosas de nitró-

geno). Su uso en suelos de textura gruesa, donde el agua percola con facilidad, origina pérdidas por lavado.

Sulfato de amonio: Aporta 21 % de N. Es el más acidificante de los comúnmente usados, pues además de ser fisiológicamente ácido, produce ácido nítrico y sulfúrico durante su nitrificación, por ello debe evitarse su uso continuado donde exista acidez tóxica.

Urea: Aporta 46 % de N. Es un compuesto orgánico que en contacto con el suelo, bajo la acción de la enzima ureasa, se hidroliza y pasa al estado de nitrógeno amoniacal, que a su vez se nitrifica.

Amoníaco anhidro: Aporta 82 % de N. Constituye la opción más económica en el mercado. Su alta concentración permite el movimiento de mayor cantidad de nutrimento activo por tonelada de fertilizante transportado. En el suelo el amoníaco se transforma en amonio, catión que al fijarse a los coloides del suelo permanece por más tiempo a disposición de las plantas. Es el más utilizado en Cuba actualmente. La elección de una de estas fuentes depende más del aspecto económico, de su disponibilidad, o de facilidades de manejo, que de su capacidad para nutrir la caña de azúcar.

Época de aplicación del fertilizante nitrogenado. Estudios

Tabla 6. Recomendaciones de N para diferentes condiciones de suelos y cepas de caña de azúcar en Cuba

Rendimiento esperado Caña t ha ⁻¹	Caña planta		Retoños	
	Condición 1	Condición 2	Condición 1	Condición 2
	N kg ha ⁻¹			
> 30 ≤ 40	40	0	50	40
> 40 ≤ 50	50			50
> 50 ≤ 60	60			60
> 60 ≤ 70	70			70
> 70 ≤ 80				80
> 80 ≤ 90	80			90
> 30 ≤ 40				90
> 90 ≤ 100	90			100
> 100 ≤ 110				100
> 110 ≤ 120				110
> 120 ≤ 130				
> 130 ≤ 140	100			110
> 140 ≤ 150	110			120
> 150 ≤ 160	120			130
> 160 ≤ 170	130			140
> 170 ≤ 180				140
> 180 ≤ 190	140			150
> 190 ≤ 200	150			160
> 200 ≤ 210	160			170
> 210 ≤ 220	150			160
> 220 ≤ 230	140			150
> 230 ≤ 240				150
> 240	130			140
Condición 1	Suelos con limitaciones (hidromorfia o compactación)			
Condición 2	Suelos sin limitaciones			

Elaborado por: (Pérez et al., 2014)

con dosis fraccionadas de 90, 120, 190 y 240 kg de N ha⁻¹ en cañas de retoño cosechadas con 12 meses de edad no mostraron diferencias respecto a la aplicación de una sola vez. En caña planta de ciclo largo el fraccionamiento de 120 kg de N ha⁻¹ en dos partes (al momento de la siembra y a los 4 meses) mostró buenos resultados. Los suministros tardíos de nitrógeno fraccionado tendieron a bajar el contenido de sacarosa en el jugo.

Recomendaciones de nitrógeno. Las recomendaciones de fertilizante nitrogenado para diferentes condiciones de suelo y cepa de caña de azúcar bajo las condiciones edafoclimáticas imperantes en Cuba, constituye una valiosa y útil herramienta de trabajo para los productores cañeros, ya que posibilita realizar las aplicaciones de este nutriente en su justa medida, bajo los principios de una agricultura sostenible, sin contaminar el ambiente y que no limiten el rendimiento agrícola Tabla 6. (Recomendaciones de N para diferentes condiciones de suelos y cepas de caña de azúcar en Cuba).

En correspondencia con lo anterior, (Romero, 2005), basándose en resultados de experimentos de campo obtenidos en la Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colomé, Tucumán, Argentina, confeccionó una tabla de recomendaciones para la aplicación de los fertilizantes nitrogenados en la caña de azúcar, tomando en consideración la fertilidad del suelo, el nivel de producción esperado y las condiciones de drenaje, lo cual facilita la elección de la dosis a utilizar, este autor concluye que esta recomendación constituye una herramienta útil de decisión para mejorar la eficiencia de la fertilización nitrogenada.

CONCLUSIONES

1. Los factores que mayor incidencia ejercen en la fertilización nitrogenada de la caña de azúcar en las condiciones edafoclimáticas y de manejo del cultivo son el rendimiento esperado, el tipo de cepa, el contenido de materia orgánica del suelo y la presencia de suelos con limitaciones (hidromorfía o compactación).
2. Los factores interacción nitrógeno-variedad, influencia de la lluvia y formas, fuentes y época de aplicación presentan un efecto menos marcado sobre la eficiencia de la fertilización nitrogenada de la caña de azúcar.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Borden, R. (1943). Nitrogen effects upon the yield and crop of sugar cane. Haw. Planters Records (52), 1-54.
- De León, M. (2001). Perfeccionamiento del sistema nacional de recomendaciones y control del uso de fertilizantes en el cultivo de la caña de azúcar. La Habana, Cuba: En Informe final del proyecto CITMA 00101104 "Fundamentación científico técnica de las necesidades de fertilizantes minerales en el cultivo de la caña de azúcar y sus métodos de diagnóstico" INICA. (2003).
- INPOFOS. (1995). Potasa, su necesidad y uso en agricultura moderna. Quito, Ecuador: Editorial.
- Pablos, P. (2008). Perfeccionamiento de los criterios utilizados para la fertilización nitrogenada de la caña de azúcar en Cuba. La Habana, Cuba: Ministerio del Azúcar. Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar. h. 100.
- Pérez, H., Santana, I., y Rodríguez, I. (2013). Manejo sostenible de tierras en la producción de caña de azúcar. La Habana, Cuba: Editorial IRÉ Production.
- Romero, E. (2005). La fertilización nitrogenada de la caña de azúcar es clave para la futura cosecha. Tucumán, Argentina: La Gaceta.
- Van Dillewijn, C. (1975). Botánica de la caña de azúcar. Nutrición. La Habana, Cuba: Edición Revolucionaria. Segunda Edición Instituto Cubano del Libro.