

III) REVISION DE LITERATURA

A. Aspectos Físicos y Económicos en la Fertilización de Caña de Azúcar

1. Aspectos Físicos*

Para tener una visión general sobre los requerimientos del cultivo en cuanto a nutrimentos se refiere, se hará una descripción tanto de los resultados que se han obtenido en el mundo, como los logrados en Colombia.

a. Experimentación realizada en el Mundo

En esta parte se describirá brevemente los experimentos que se han realizado en diferentes países, con el fin de que los resultados en esas regiones sirvan de pauta para orientar la fertilización en Colombia.

Experimentaciones llevadas a cabo por González, Samuels y Vélez, en Pto.Rico con la variedad PR-980 encontraron que el tonelaje

* Esta parte está basada en: Vélez W.B. 1967. Fertilización de caña de azúcar para panela en el Mpio. de Frontóno-Antioquia. Tesis U.N. Facultad de Agronomía e Inst.Forestal. Medellín. 120 p.

de azúcar fué máximo cuando se aplicaron 150 libras de fósforo (P_2O_5) y 300 libras de potasio (K_2O) por acre.

De acuerdo con Ignatieff y Page, la fertilización de caña en diferentes distritos de la India varía entre 100 y 450 kilos de nitrógeno, 100 y 40 kilos de fósforo y 80 y 160 kilos de potasio por hectárea.

En Natal (Unión Surafricana), la mayor parte de la caña se encuentra sembrada en suelos podsolicos y lateríticos pardos; de allí que la base de la fertilización sea el fósforo, el cual es aplicado en dosis de 400 y 800 Kg. de superfosfato por Ha. El nitrógeno se aplica en forma de sulfato de amonio en dosis muy variadas, generalmente fraccionado y de acuerdo con el aspecto que presente la plantación. Las dosis de potasio varían entre 75 y 100 kgs. por hectárea y se aplica en forma de cloruro de potasio.

En Hawaii las dosis de potasio llegan hasta 390 kilos por hectárea, 330 kilos de nitrógeno y 168 kilos de fósforo por hectárea.

En Filipinas, Tabayoyong realizó 50 experimentos y encontró que las dosis recomendadas fueron 200 y 300 kilogramos por hectárea de fósforo y potasio respectivamente.

Bonet después de realizar pruebas en 18 cultivos consecutivos, empleando gran número de combinaciones de N, P y K obtuvo la retribución económica más alta al aplicar 103 kg/Ha de nitrógeno, 20 Kg/Ha de fósforo (P_2O_5) y 200 Kg/Ha de potasio (K_2O), aplicados anualmente.

b. Experimentación realizada en Colombia

Es de anotar, que se encuentra poca información sobre la experimentación llevada en Colombia en el cultivo de caña de azúcar para panela.

Los primeros estudios realizados sobre fertilización de la caña datan de 1950, los cuales fueron realizados en el Valle del Cauca. Pero cuando éstos se iniciaron no se obtuvo respuesta del cultivo a la aplicación de fertilizantes, debido posiblemente a la fertilidad de dichos suelos. Sin embargo, en algunas regiones cañeras del Valle geográfico del Río Cauca se ha encontrado respuesta del cultivo a la aplicación de fertilizantes. Los autores no mencionan las dosis de aplicación ni los resultados obtenidos de ellas(11).

García y Castillo(10), estudiaron la respuesta de la variedad M.C.66 en el Municipio de Chinchiná, Departamento de Caldas, a la aplicación de diferentes niveles de nitrógeno, potasio, calcio y fósforo. De acuerdo con los resultados obtenidos en fósforo

aumenta significativamente el tonelaje de caña por hectárea, de 113,9 a 173,8 toneladas(2/) y el porcentaje de sacarosa varió de 16 a 17 por ciento. Además, hubo un incremento del número de tallos por planta. El potasio incrementó en menor proporción tanto el tonelaje de caña como el número de tallos por planta. La aplicación de calcio facilitó la absorción del fósforo, aumentando en forma indirecta el tonelaje de caña obtenido. En este experimento no se encontró respuesta a la aplicación de nitrógeno.

García (9), realizó un experimento en el Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias de Palmira, con diferentes tratamientos de nitrógeno, fósforo y potasio, y además hizo análisis foliares periódicos a varios cortes. A pesar de que el experimento no se terminó, se pudo observar que el nitrógeno en las hojas disminuye con la edad y que al incrementarse la aplicación al suelo del nitrógeno junto con fósforo y potasio, se produjo un aumento en el nitrógeno foliar(nitrógeno total, determinado por el método Kjeldahl).

Recientemente, Cresp (6), efectuó en el Valle del Cauca una serie de ensayos con aplicación aérea de fertilizantes líquidos a la caña de azúcar. Los resultados mostraron la acción eficaz

2/ El tonelaje se refiere a la producción en bruto de caña de azúcar.

del nitrógeno absorbido por las hojas. El incremento fué de 30 toneladas de caña por hectárea. En los retoños no hubo efecto ni del ácido fosfórico ni del potasio aplicado en forma foliar, debido posiblemente a que en este método las cantidades que se aplican son muy pequeñas.

Es de anotar, que a través de las investigaciones realizadas por el ICA (Instituto Colombiano Agropecuario) no se ha encontrado respuesta significativa a la fertilización foliar. Cuando un cultivo responde a aplicaciones foliares con altas dosis, se debe más que todo a que parte de dicho fertilizante cae al suelo y es aprovechado por la planta (15).

c. Extracción de Nutrimientos por la Caña de Azúcar

Jacob (17), basado en información de la fertilización de caña de azúcar, afirma que en promedio una tonelada de este cultivo extrae del suelo entre 0.50 y 0.55 kg. de nitrógeno, 0.36 y 0.59 kg. de fósforo y entre 1.0 y 1.36 kg. de potasio. Pero, esta extracción varía, entre otros factores, de acuerdo con el suelo, la variedad y la edad de la caña en la época del corte.

d. Exigencias de Fertilizantes por el Cultivo

El nitrógeno es el principal nutrimento para la caña, es absorbido en forma de amonio o nitrato. Este elemento contribuye a la formación de aminoácidos y de las proteínas componentes de la clorófila.

El nitrógeno es el nutrimento más importante para la fertilización de la caña, pero una dosis alta de este elemento debe ir acompañada con unas cantidades adecuadas de fósforo y potasio para prevenir trastornos en el metabolismo de la planta.

e. Epoca y Dosis de Aplicación de los Fertilizantes

El fósforo es importante, especialmente durante los primeros meses de crecimiento. Su requerimiento es bajo en comparación con el nitrógeno y potasio.

Las dosis medias empleadas de los tres nutrimentos para el cultivo de caña, de acuerdo con Jacob(17), son:

N: 90-168 Kg/Ha lo que equivale a 450-850 Kg/Ha de sulfato de amonio

P: 45-112 Kg/Ha

K₂O: 112-225 Kg/Ha

Las dosis empleadas de los diferentes elementos (mayores) depende del suministro de agua y de la duración del ciclo vegetativo.

Las aplicaciones de nitrógeno a las 21 semanas después de la siembra rebajaron los rendimientos notoriamente con la relación a las parcelas a las cuales se les aplicó el nitrógeno a las 3 semanas.

La caña de azúcar requiere mayores cantidades de fósforo al iniciarse la formación de las raíces y durante el macollamiento; por lo tanto, las aplicaciones de este nutrimento deben hacerse en todos los casos al momento de la siembra.

El empleo del nitrógeno por si solo, sin fósforo ni potasio en cantidades adecuadas, puede ocasionar condiciones desequilibradas de nutrimento en la planta de caña. Así que es razonable asumir que las aplicaciones tardías de nitrógeno no resultarían tan perjudiciales para la producción, si los fosfatos y la potasa se encontrasen presentes en dosis adecuadas.

Las aplicaciones tardías de fertilizantes no solo bajan los rendimientos, sino también retardan la maduración de la caña.

La mejor época de aplicación del nitrógeno depende de la cantidad del mismo que requiere la planta, su disponibilidad y la edad de cosecha. Esto se complica aún más por las condiciones pertinentes al suelo y al clima, así como también por las prácticas culturales empleadas.

2. Aspectos Económicos

Llanos (18), en la estación experimental de Tucumán (Argentina), realizó un experimento con caña de azúcar empleando un factorial de $3 \times 3 \times 3$ de N, P, K con dosis de 0-60 y 120 Kg/Ha para nitrógeno;

0, 100 y 200 Kg/Ha para el fósforo y potasio. Para el análisis empleó tres tipos de funciones:

Mitscherlich, raíz cuadrada y cuadrática. De estos tres modelos el autor encontró que la mejor función era la cuadrática cuando las producciones se daban en ton. de caña/Ha. Las cantidades óptimas de nitrógeno variaron entre 41,8 y 103,4 Kg/Ha; esta variación dependió del tipo del suelo, el año agrícola, del precio del azúcar y los fertilizantes y de la función de respuesta utilizada 3/. La selección de la función cuadrática cuando la producción se expresa en toneladas de caña/Ha, se debe a la similitud entre el óptimo económico calculado con esta función y el obtenido directamente con los cálculos de costos e ingresos.

Después de revisar la bibliografía sobre el empleo de superficies de respuesta en caña de azúcar y no encontrar más publicaciones al respecto que la descrita anteriormente, se hizo necesario revisar la bibliografía sobre fertilización óptima económica en otros cultivos para ver este tipo de análisis. Tales como los realizados por Heady, Pesek y Brown, (12) para maíz, alfalfa y trebol rojo fertilizando con N, P y K partiendo de los modelos cuadráticos, raíz cuadrada y Cobb-Douglas. En este trabajo los autores emplean los conceptos de isocuantas, líneas límites y dosis óptimas. En este

3/ El autor analizó solamente el factor nitrógeno

estudio emplean la raíz cuadrada como modelo de respuesta. Un estudio similar hacen Brown, Heady, Pesek y Stritzel (3), para el cultivo de maíz, utilizando una combinación de las funciones cuadrática y raíz cuadrada para observar el efecto del N,K en el cultivo mencionado. En Palmira, Colombia, Hildebrand (14), utiliza para arroz fertilizando con N, P y K los modelos cúbicos y cuadráticos con y sin interacciones y elige la función cuadrática debido a que da respuestas similares a la cúbica y a que es menos complicado trabajar con la función cuadrática. Esta investigación está basada en un diseño compuesto central rotatable, que consta de un factorial 2^3 , con seis puntos axiales y un punto central.

Rincón y Hildebrand(24), trabajando en fertilización nitrogenada de pasto peludo (Braquiaria decumbens-Staff) emplearon una función cúbica, basada en un diseño de bloques al azar para determinar la dosis más económica de aplicación de nitrógeno, y encontraron que las máximas ganancias se obtienen a un nivel de aplicación de 104 Kg de N/Ha/corte.

Malavolta, Pimentel, et al(19) en experimentos llevados a cabo en Brasil en el Estado de Sao Paulo emplearon un factorial de $3 \times 3 \times 3$ con una sola repetición, para determinar las dosis económicas de aplicación de N, P y K, utilizando para ello la ley de Mitcherlich*

* La discusión de Mitcherlich se encuentra en: Eid.M.T., Black, C.A. Kemphorne, o, and Zoellner, J.A. 1954 Significance of soil organic phosphones to plant growth. Iowa State Coll. Agr.Expt.Sta.Bull 406 pp 747-776

y encontraron que se requería de sulfato de amonio entre 0 y 67,5 kg/Ha de superfosfato entre 27,2 y 111,2 Kg/Ha y de cloruro de potasio entre 118,9 y 143,3 dependiendo del tipo de suelos.

En el capítulo IV se detalla la metodología que se empleó en el presente trabajo.