

Efecto del potasio, calcio y magnesio sobre el rendimiento del banano (*Musa* AAA, subgrupo Cavendish, clon Gran Enano)¹

Effect of potassium, calcium and magnesium on banana tree yield (*Musa* AAA, Cavendish subgroup, Great Dwarf clone)

M. Moreno², L. Fernández², L. Sosa³ y J. C. Nava⁴

Resumen

En la finca El Maizal, ubicada en la planicie aluvial del río Motatán, en el estado Trujillo, se investigó el efecto del K, Ca y Mg sobre el rendimiento del banano Cavendish, clon Gran Enano. Las dosis probadas fueron 166, 332 y 498 kg de K/ha/año, 0 y 285 kg de Ca/ha/año y, 0 y 120 kg de Mg/ha/año. El diseño fue completamente aleatorizado con arreglo factorial 3x2x2. Se determinó la concentración de nutrientes en el suelo (cmol.kg^{-1}), el rendimiento (Mg/ha) y la correlación entre el K, Ca y Mg del suelo y el rendimiento. La aplicación simple de 166, 332 y 498 kg de K/ha/año, generó respuestas negativas en el rendimiento obteniéndose valores de 49,6, 45,6 y 31,1 Mg/ha. El Ca incrementó significativamente el rendimiento hasta 48,5 Mg/ha. No se encontró respuestas a la aplicación de Mg; sin embargo, la concentración de este elemento en el suelo mostró correlación negativa con el rendimiento. La aplicación combinada de 498 kg de K/ha con 285 kg de Ca/ha/año generó el mayor rendimiento con 62,0 Mg / ha. No hubo respuesta a la aplicación conjunta de K con Mg. Al aumentar las dosis de K acompañadas con Ca y Mg, el rendimiento disminuye significativamente. **Palabras clave:** banano, fertilización, potasio, calcio, magnesio, rendimiento

Abstract

On the "El Maizal" farm, located in the Motatán river alluvial plain was evaluated the effect of K, Ca and Mg on the yield of the Cavendish banana, Great Dwarf clone were evaluated. The doses of 166, 332 and 498 kg of K/ha/year, 0 and 285 kg Ca/ha/year and, 0 and 120 kg Mg/ha/year were used. A completely

Recivido el 29-04-1999 ● Aceptado el 19-09-1999

1. Proyecto financiado por el Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico (CONDES) bajo el Nro. 02518-97.

2. Facultad de Agronomía, LUZ. Departamento de Edafología. Ciudad Universitaria, Maracaibo, Venezuela. E-mail: mmoreno65@mixmail.com

3. Facultad de Agronomía, LUZ. Instituto de Investigaciones Agronómicas. Maracaibo, Venezuela.

4. Finca Bananoro. Estado Trujillo, Venezuela.

randomized design with factorial arranged 3x2x2 was used. The nutrients concentration in the soil (cmol.kg^{-1}) were determined, yield (Mg/ha) and correlation between K, Ca, and Mg in the soil and yield were measured. The simple application of 166, 332 and 498 kg of K/ha/año, generated negative response on the yield with 49,6, 45,6 and 31,1 Mg/ha, respectively. Ca increased significantly the yield (48,5 Mg/ha). There was not response when Mg was applied; however the Mg of the soil showed a negative correlation with the yield. The combined application of 498 kg of K/ha with 285 kg of Ca/ha/año generated the highest yield (62 Mg / ha). There was not response to the combined application of K with Mg. When increasing the doses of K accompanied with Ca and Mg, the yield decreased significantly.

Key words: banana, fertilization, potassium, calcium, magnesium, yield

Introducción

En la planicie aluvial del río Motatán, existen suelos con alto potencial para la producción de diversos rubros agrícolas entre los que se cuenta la explotación del banano. El establecimiento de los niveles de nutrientes más idóneos para el cultivo del banano, ha ocupado el mayor esfuerzo de los investigadores; sin embargo, la suplencia de nutrientes no sólo debe hacerse para evitar y/o corregir deficiencias individuales de los mismos, sino que también debe considerarse la interdependencia entre ellos. En este sentido, los bajos rendimientos en banano frecuentemente están asociados a una baja disponibilidad del K ocasionado, bien por deficiencias, o por desbalances en la relación K/Ca/Mg; en otros casos las aplicaciones sucesivas de K provocan acumulación excesiva de este nutriente induciendo desequilibrios entre estos tres elementos (4,9). Las relaciones de equilibrio entre nutrientes tienen un efecto directo sobre la producción y calidad del fruto del banano, posiblemente por su acción

sobre la disponibilidad, absorción y funcionalidad de los mismos. En esta línea, Montagut y Martín Prével (6), afirmaron que los desequilibrios en la relación K/Ca /Mg afecta principalmente la absorción de Ca. Al hablar de la interrelaciones entre los nutrientes, se han reportado la existencia de antagonismos mayores entre K/Ca que entre K/Mg (8); no obstante, Lahav (5) reportó una situación contraria. Por otro lado, el K tiene correlaciones positivas significativas con la producción (2).

Moreau y Robin (7), en sus experimentos en bananos Cavendish, obtuvieron respuestas de bajas a nulas a los aportes de Mg; entre tanto, Herrera (4), en sus trabajos con el clon Gran Enano, en Costa Rica reportó que la aplicación de 300 kg/ha/año de N, 131 kg de P/ha/año y 413 kg de K/ha/año generó la mayor producción (70,83 Mg/ha) y el más alto peso promedio del racimo (29,81 kg). Soto (8), señala que la empresa Standard Fruit Company y Del Monte Corporation, en Costa Rica, aplican 628 kg de K/ha/año y

entre 43-58 kg de Mg/ha/año. El mismo autor recomienda la aplicación de 425 kg de K/ha/año. Twyford y Walmsley (9) recomendaron aplicar 500 kg de CaCO_3 /ha/año en las Antillas Francesas, en suelos con bajos contenidos de calcio.

El alcance de esta investigación es establecer cuál es la relación más adecuada de K/Ca/Mg para lograr altos rendimiento en bananos, para lo cual se infirió que un posible desbalance en las concentraciones de estos tres elementos, ha tenido alguna influencia sobre los bajos rendimientos obtenidos en esa importante zona

productora de banano con fines de exportación. Por esta razón, este estudio tiene como finalidad determinar las dosis de aplicación de K, Ca y Mg al cultivo de banano para lograr un balance adecuado de estos elementos en el suelo, de tal manera que permitan obtener altos rendimientos. De igual forma, se persigue evaluar el efecto de la concentración de K, Ca y Mg en el suelo sobre el rendimiento, estableciendo sus respectivas correlaciones, y las relaciones de concentración existentes entre ellos dentro del suelo.

Materiales y métodos

La experimentación se llevó a cabo en la hacienda "El Maizal" ubicada en la planicie aluvial del Río Motatán, en el Municipio Sucre del estado Trujillo; caracterizada como "Bosque Seco Tropical", con régimen de humedad del suelo "Ústico" (3). Se realizó un análisis físico-químico del suelo obteniéndose una textura predominantemente Arcillo limosa a Franco limosa; pH (1:2) entre 7,3 - 7,7 y conductividad eléctrica (1:2) de 0,2 - 0,5 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ en la mayor parte de la finca. Los niveles de concentración de nutrientes fueron medios para el nitrógeno (1,5 g kg) y el fósforo (13mg.kg⁻¹), bajos en K para el cultivo del banano (0,1 cmol K¹⁺ kg⁻¹) y para el Ca y Mg los valores fueron 13,0 cmol $\frac{1}{2}\text{Ca}^{2+}$ kg⁻¹ y 13,0-14,0 cmol $\frac{1}{2}\text{Mg}^{2+}$ kg⁻¹, respectivamente.

El área experimental se ubicó en un suelo Vertic Ustropept, familia limosa fina, sembrada con banano

Cavendish, clon Gran Enano, libre de enfermedades y de ataques fuertes de insectos, con una densidad entre 1300-2000 plantas por hectárea. Se seleccionaron 'hijos de producción' con una altura entre 0,8 y 1.0m y se emplearon todas las prácticas agronómicas requeridas por el cultivo. Se realizó una fertilización básica con 200 kg de N/ha/año fraccionada en seis partes (bimensuales), y se probaron los niveles de 166, 332 y 498 kg de K/ha/año, 0 y 285 kg de Ca/ha/año y, 0 y 120 kg de Mg/ha/año. Las aplicaciones de K, Ca y Mg se realizaron en dos partes: la primera al montar el ensayo, y la segunda cuatro meses después. El fertilizante se colocó en media luna frente al hijo de producción separado a 25 centímetros del pseudotallo.

Se tomaron muestras de suelo compuestas por cuatro submuestras, frente al hijo de producción en media luna, extraídas a una profundidad de

30 cm, al momento de la floración. En el análisis físico-químico del suelo, se determinó textura (Bouyoucos), concentración (cmol ⁽⁺⁾.kg⁻¹) de K, Ca (fotometría de llama), y Mg (titulación con EDTA) (1).

Se cosecharon y pesaron los racimos (kg/racimo) al llegar a su madurez fisiológica, para establecer el rendimiento (Mg/ha).

El diseño utilizado fue

completamente aleatorizado con arreglo de tratamientos en factorial completo (3x2x2). La unidad experimental consistió en una parcela de 36 m² con 7-10 plantas, tomando como borduras las plantas de la periferia y como muestras efectivas 3 plantas del centro de la parcela. La comparación de tratamientos se hizo a través de la prueba de medias por mínimos cuadrados o LSMeans.

Resultados y discusión

Efecto del potasio sobre el rendimiento del banano. Se observó una disminución en el rendimiento a medida que se incrementó la aplicación simple de K, registrándose valores promedio de 49,6, 45,6 y 31,1 Mg/ha, para las dosis de 166, 332 y 498 kg de K/ha/año, respectivamente. El rendimiento generado por la dosis de 498 kg de K/ha/año, mostró diferencia significativa con respecto a los obtenidos con las otras dos dosis (P = 0,01 y P = 0,07, respectivamente) (figura 1). Posiblemente, la aplicación simple de K está induciendo un desbalance nutricional con respecto a otros elementos importantes en el cultivo del banano, ya que el efecto de este elemento en las musaceas, no puede evaluarse en forma aislada debido a que su dinámica dentro del sistema suelo-planta se encuentra en estrecha relación con otros elementos, en particular con el calcio (Ca) y el magnesio (Mg).

Efecto del calcio sobre el rendimiento del banano. La dosis de 285 kg de Ca/ha/año generó un rendimiento promedio de 48,5 Mg/ha,

el cual fue diferente (P = 0,08) al obtenido con la cero aplicación de Ca, cuyo valor fue 43,2 Mg/ha (figura 2). A pesar de obtener diferencia significativa sólo a un nivel de 8%, esto puede considerarse como respuesta positiva a la aplicación de Ca, debido a la alta variabilidad intrínseca del material experimental, tales como el origen aluvial de los suelos donde se condujo el experimento, variabilidad natural de las musaceas o bien algún otro factor sobre todo del tipo nutricional que pudieran estar enmascarando la manifestación plena de la respuesta a las aplicaciones de Ca.

Efecto del magnesio sobre el rendimiento del banano. Se observó una tendencia a disminuir el rendimiento en aquellos tratamientos donde se aplicó Mg. De esta forma, para la aplicación de 120 kg de Mg/ha/año el rendimiento promedio obtenido fue de 44,5 Mg/ha; en tanto que el promedio para la no aplicación de Mg fue de 47,1 Mg/ha (figura 3). No obstante, para esta variable el análisis estadístico no reflejó diferencias

significativas. Este comportamiento, posiblemente obedece a que la concentración inicial de Mg en el suelo ($14,0 \text{ cmol } \frac{1}{2} \text{ Mg}^{2+} \text{ kg}^{-1}$), se encontraba en una proporción relativamente alta con respecto al Ca (1:1 y hasta 0,8:1 para Ca:Mg), lo cual significa que había una concentración de Mg suficiente para suplir los requerimientos del cultivo, encontrándose poca respuesta a su aplicación. Este resultado concuerda con el obtenido por Moreau y Robin (7) en sus trabajos con el clon Lacatán en Jamaica.

La concentración de Mg en el suelo, mostró una correlación negativa significativa a un nivel del 6% ($P = 0,06$) con el rendimiento. Posiblemente, este fenómeno obedece a las relaciones antagónicas normalmente existentes entre el Mg y otros elementos como el K y Ca, lo cual induce a una disminución en la absorción de éstos, provocando un efecto negativo en el rendimiento.

Efecto de las interacciones entre el potasio, calcio y magnesio sobre el rendimiento del banano. Al analizar el efecto de la interacción K-Ca, se observa que al acompañar las dosis de K con 285 kg de Ca/ha/año ocurre un aumento en el rendimiento, el cual es un comportamiento opuesto al generado cuando se realizan las aplicaciones simples de K en forma creciente (figura 4). La dosis de 498 kg de K/ha/año y 285 kg de Ca/ha/año originó el mayor rendimiento con 62,0 Mg/ha, el cual fue significativamente diferente ($P=0,01$) al obtenido por la aplicación simple de 498 kg de K/ha/año, el cual corresponde con el rendimiento más bajo (31,1 Mg/ha). Se

puede inferir que al aplicar Ca, se produce un restablecimiento del equilibrio K/Ca en el suelo, y por ende, el cultivo absorbe estos dos elementos en cantidades balanceadas permitiéndole generar una más alta producción.

No hubo una correlación significativa entre la interacción K-Ca del suelo y el rendimiento. Para la interacción K-Mg, se observa que al combinar la aplicación de 120 kg Mg/ha/año con las dosis de 166, 332 y 498 kg de K/ha/año se generaron rendimientos de 49,6, 45,6 y 41,9 Mg/ha respectivamente. Como se puede observar, las aplicaciones crecientes de K conjuntamente con la dosis de Mg, generaron una tendencia progresiva a disminuir los rendimientos, lo que conduce a pensar que ambos nutrientes están interactuando en el suelo afectando la absorción de uno u otro nutriente en las cantidades necesarias para que el cultivo genere un alto rendimiento. No obstante, el análisis estadístico no reflejó diferencias significativas entre los rendimientos obtenidos con la aplicación de los diferentes tratamientos evaluados (figura 5).

En la interacción entre el K, Ca y Mg, se observa una disminución en el rendimiento a medida que se aumenta la dosis de K combinada con Ca y Mg (figura 6). De esta manera, al elevar la aplicación de K, se puede estar originando un desbalance nutricional entre el K, el Ca y el Mg, acarreando un efecto negativo en la producción del cultivo, por marcados antagonismos K/Ca y K/Mg.

Al comparar las curvas de rendimientos generados por la interacción entre pares de elementos

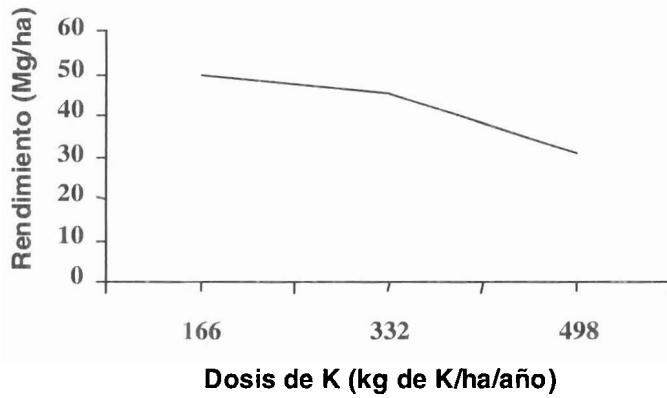


Figura 1. Efecto de la aplicación de potasio (kg de K/ha/año) sobre el rendimiento (Mg/ha) del banano.

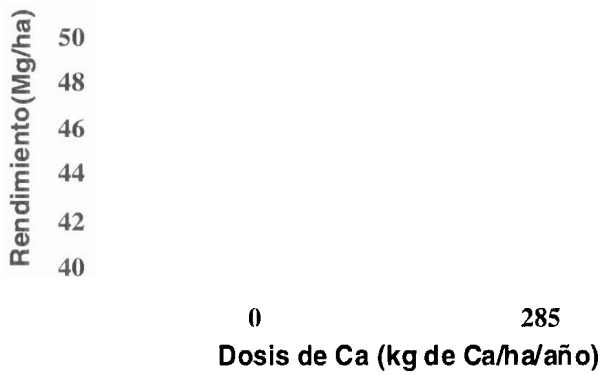


Figura 2. Efecto de la aplicación de calcio (kg de Ca/ha/año) sobre el rendimiento (Mg/ha) del banano.

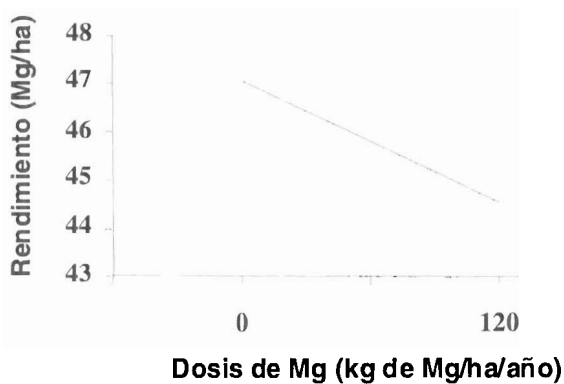


Figura 3. Efecto de la aplicación de magnesio (kg de Mg/ha/año) en el rendimiento (Mg/ha) del banano.

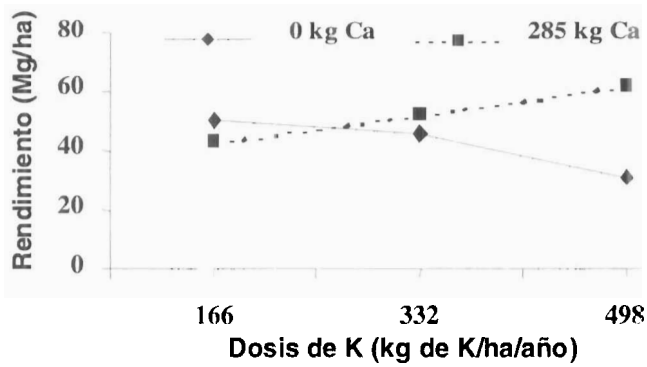


Figura 4. Efecto de la interacción K-Ca sobre el rendimiento (Mg/ha).

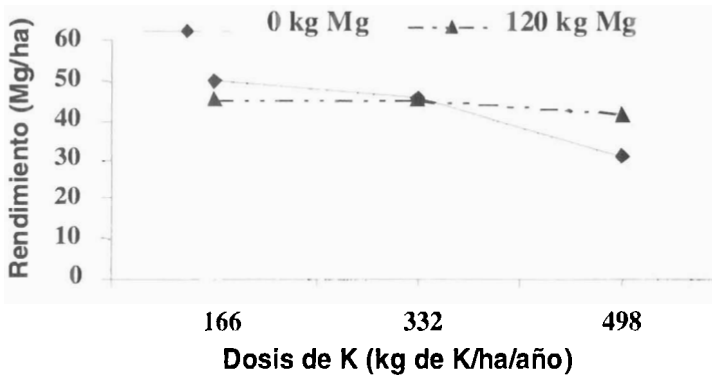


Figura 5. Efecto de la interacción K-Mg sobre el rendimiento (Mg/ha).

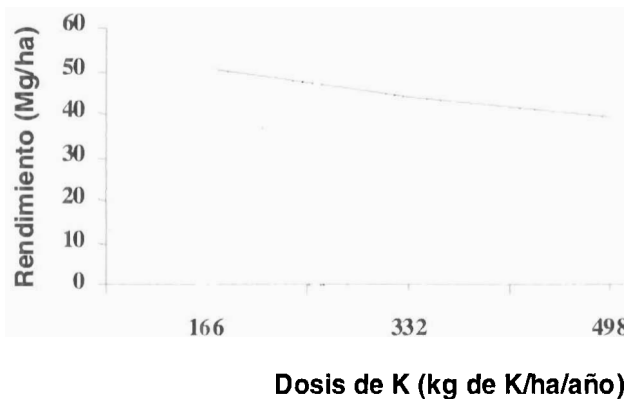


Figura 6. Efecto de la aplicación de potasio, calcio (285 kg Ca/ha/año) y magnesio (120 kg Mg/ha/año) sobre el rendimiento (ton/ha).

(K-Ca y K-Mg) y la interacción triple (K-Ca-Mg), se observa que los menores rendimientos están asociados a los tratamientos que presentan aplicación de Mg; entretanto, aquellos que combinan K con Ca presentan los mayores rendimientos (figura 7). No obstante, la aplicación combinada de 166 kg de K/ha/año, 285 kg de Ca/ha/año y 120 kg de Mg/ha/año generó el segundo mayor rendimiento con 50,9 Mg/ha, lo que podría hacer suponer que este tratamiento origina un balance adecuado entre las concentraciones de K, Ca y Mg en el sistema suelo-planta trayendo consecuentemente un efecto positivo sobre esta variable.

En otro orden de ideas, el análisis estadístico refleja que el rendimiento obtenido con la dosis que combina 498 kg de K/ha/año y 285 kg de Ca/ha/año (62,0 Mg/ha) fue significativamente diferente ($P < 0,01$) a los obtenidos con la mayor dosis de K combinada con Mg, y a la aplicación conjunta de 498 kg de K/ha/año, 285 kg de Ca/ha/año y 120 kg de Mg/ha/año, las cuales generaron valores de 41,9 y 39,5 Mg/ha, respectivamente. El

rendimiento de dicho tratamiento (498 kg de K/ha/año con 285 kg de Ca/ha/año), también fue diferente ($P < 0,05$) a los generados por los tratamientos que combinan 166 y 332 kg de K/ha/año con 120 kg de Mg/ha/año, respectivamente, (45,0 Mg/ha), y al obtenido con la aplicación simple de 332 kg de K/ha/año.

Este análisis corrobora la existencia de un efecto negativo de los tratamientos con aplicación de Mg sobre el rendimiento del cultivo, explicado posiblemente por la inducción de un desbalance nutricional entre el K, Ca y Mg. Por tanto, se necesita la aplicación en cantidades adecuadas de estos tres elementos al momento de realizar los programas de fertilización para el cultivo del banano. Posiblemente, el tratamiento que combina la aplicación de 166 kg de K/ha/año, 285 kg de Ca/ha/año y 120 kg de Mg/ha/año podría acercarse a la dosis que permita obtener un adecuado equilibrio nutricional para estas condiciones agroecológicas. Este tratamiento registró el segundo más alto rendimiento con 50,9 Mg/ha, mostrando diferencia estadística

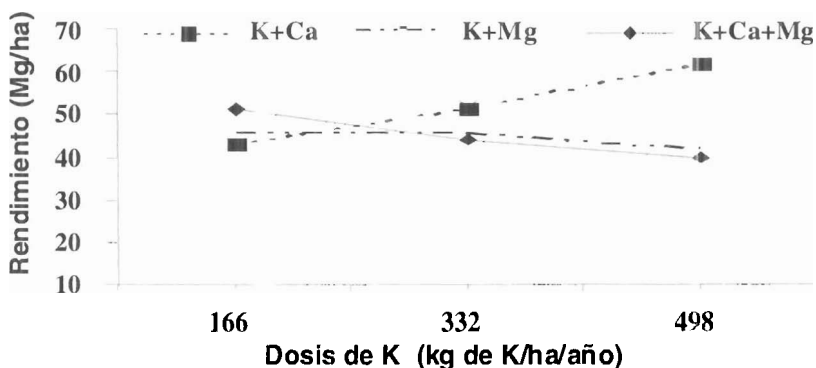


Figura 7. Efecto de las interacciones entre potasio, calcio (285 kg Ca/ha/año) y magnesio (120 kg Mg/ha/año) sobre el rendimiento.

altamente significativa ($P < 0,01$) al compararlo con el menor rendimiento registrado entre todos los tratamientos, cuyo valor fue de 31,1 Mg/ha,

correspondiente a la dosis de 498 kg de K/ha/año sin aplicación de Ca ni de Mg.

Conclusiones y recomendaciones

La aplicación simple de K en dosis crecientes generó una disminución del rendimiento, lo cual hace pensar en que se ha generado un desbalance nutricional con las aplicaciones de K con respecto a otros elementos importantes en el cultivo del banano. Así mismo, el análisis individual del efecto del Ca, señala que la aplicación de este elemento generó respuestas positivas sobre el rendimiento; en tanto que la aplicación de Mg no generó respuestas.

La aplicación de Ca conjuntamente con K, mostró un efecto positivo sobre el rendimiento, pues el tratamiento con aplicación de ambos elementos simultáneamente, generó el mayor rendimiento con 62,0 Mg/ha. Por su parte, las aplicaciones crecientes de K conjuntamente con Mg, mostró un efecto negativo sobre el rendimiento del cultivo.

En la interacción entre el K, Ca y Mg, se observa una disminución en el rendimiento a medida que se aumenta la dosis de K. La aplicación combinada de 166 kg de K/ha/año, 285 kg de Ca/ha/año y 120 kg de Mg/ha/año generó el segundo mejor rendimiento obtenido,

con un promedio de 50,9 Mg/ha por lo que se puede suponer que este tratamiento origina un balance adecuado entre las concentraciones de K, Ca y Mg en el sistema suelo-planta, trayendo consecuentemente un efecto positivo en el rendimiento.

La concentración de Mg en el suelo mostró una correlación negativa significativa con el rendimiento. El K y el Ca del suelo no mostraron ningún tipo de correlación con esta variable.

El efecto del K, Ca y Mg sobre la producción en el cultivo de las musaceas, especialmente en banano, no puede evaluarse en forma aislada debido a que su dinámica dentro del sistema suelo-planta se encuentra en estrecha relación. Razón por la cual se recomienda profundizar en los aspectos descritos en este trabajo para detallar aún mas la naturaleza y el efecto de estas interrelaciones sobre la planta, con el fin de crear las bases, con criterios adaptables a las zonas productoras de este rubro, para aplicar ciertas prácticas culturales, en especial, en lo concerniente a la fertilización del cultivo, que garanticen el éxito en la producción.

Literatura citada

1. Association of Official Agricultural Chemist. 1965. Official methods of analysis. Editorial Board. 10^{ma} Edición. 957p.
2. Bayona, R. 1983. Correlación lineal entre fertilización N P K y la cantidad de cajas de banano en Draba. Augura. 9 (2) : 21 - 23.
3. Ewel J, Madriz A. 1968. Zonas de vida de Venezuela. MAC. 275 p.
4. Herrera, W. 1983. Respuesta del cultivo del banano del subgrupo Cavendish, clon Gran Enano, a la fertilización con dos dosis de nitrógeno, fósforo y tres de potasio. Asbana. 19 :28-30.
5. Lahav, E. 1974. The influence of potassium on the content of macroelements in the banana sucker. Agrochimica. 28 (1-2) : 194 - 203.
6. Montagut, G y Martin Prével, P. 1965. Besoins en engrais des bananeraies antillaises. Fruits. 20 (6) : 265 - 273.
7. Moreau, B y Robin, J. 1972. Un essai de fumure potassique et magnésienne sur bananier Americaine a la station d'Ivoloina, Madagascar. Fruits. 27 (9) : 595 - 602.
8. Soto, M. 1991. Bananos, cultivo y comercialización. V. Siembra y operaciones del cultivo. Lit. e Imp. LIL. 3^a. 480 p.
9. Twyford, I y Walmsley, D. 1974. The mineral composition of the Robusta banana plant. III. Uptake and distribution of mineral contents. IV. The application of fertilizers for high yields. Plant and Soil. 41 : 459 - 508.