

Estudios preliminares sobre la nutrición con potasio de los bananales en América central.

M. RODRÍGUEZ-GÓMEZ

PRELIMINARY STUDIES OF POTASSIUM NUTRITION IN BANANAS IN CENTRAL AMERICA.

ETUDES PRELIMINAIRES SUR LA NUTRITION POTASSIQUE DES BANANIERES EN AMERIQUE CENTRALE
M. RODRIGUEZ GOMEZ

Fruits, mai 1980, vol. 35, n° 5, p. 283-294.

RESUME - Depuis quelques années, des déficiences en potasse sont apparues dans des bananeraies établies sur les sols fertiles côtiers d'Amérique centrale.

L'auteur donne des exemples précis (Changuinola à Panama, Palmar au Costa Rica, Sula Valley au Honduras) citant des essais de fertilisation comportant des doses croissantes de potassium. Il présente des données sur les teneurs des sols, des limbes et pétioles des bananiers en cet élément, ainsi que sur les rendements constatés.

El plátano o banana [*Musa* (grupo AAA) sub-grupo 'Cavendish', cultivar 'Valery' y 'Gran Enano'] comercial en Centro América se cultiva en suelos aluviales de los valles costeros, Estos valles se inundan con frecuencia acumulando cada vez nuevos depósitos de sedimentos. La sedimentación continúa impide que el perfil del suelo desarrolle horizontes definidos, observándose solamente capas de sedimento no diferenciadas.

La industria del banano tiene primordial importancia para la economía de muchos países, especialmente los de Centro América ; pero para competir en el mercado mundial se necesita usar las mejores técnicas de producción y de manejo de la fruta. Un problema constante en la agricultura es determinar los nutrientes limitantes al crecimiento de las plantas, cuanto aplicar y con qué frecuencia. Con el objeto de contestar algunas de estas preguntas se han establecido

experimentos de fertilizantes en el campo. Sin embargo, estas pruebas requieren una inversión considerable y los resultados muchas veces solamente se pueden aplicar a áreas pequeñas, debido principalmente a la gran variación en las propiedades de los suelos. Actualmente se está usando el análisis foliar junto con los experimentos de campo para determinar la posibilidad de usar el primero para estudiar el estado nutricional de las plantas de banano y determinar el nutriente o nutrientes limitantes, cantidad de fertilizante a aplicar y frecuencia de aplicación.

METODOS Y MATERIALES

Muestreo y análisis del suelo.

Las muestras para determinar las características físicas y químicas de los suelos se obtuvieron a una profundidad de 0 a 30 cm. Las muestras en cada parcela estuvieron compuestas de 5 a 30 sub-muestras dependiendo del tamaño de los lotes.

* - Agronomist, Tropical Research, La Lima, Honduras.

Communication présentée au Premier Séminaire international sur l'Analyse foliaire du Bananier, Ténérife, août 1975.

La distribución de las partículas del suelo, por tamaño, se determinó por el método del hidrómetro de BOUYOUCOS (1962). El pH del suelo se midió en una suspensión de 1 : 2 suelo - agua, usando electrodos de Calomel y Vidrio, y un potenciómetro (medidor de pH).

La capacidad de intercambio de cationes se determinó extrayendo el suelo con una solución 1 N de acetato de amonio a pH 4.8 y 7.0, destilando el NH_4^+ después de haberlo desplazado con Na^+ según lo describe CHAPMAN (1965). La materia orgánica se determinó por el método de oxidación húmeda de Walkley-Black de acuerdo a las indicaciones de ALLISON (1965). El calcio, Mg, K, P, y micronutrientes fueron extraídos con una solución 1 N de acetato de amonio a pH 4.8, usando 5 g de suelo en 25 ml de solución extractora, batiendo la suspensión por cinco minutos y filtrándola.

Muestreo y análisis del tejido foliar.

La muestra se tomó de la hoja número tres (contando la hoja más joven como la número uno) de plantas con inflorescencias menores de dos semanas de edad en la forma siguiente : se cortó una porción en el medio de la hoja, de 15 a 20 cm de ancho en el lado de la lámina que se desenvuelve primero, desde el margen a la nervadura central. Se cortaron 15-20 cm del pecíolo de la base de la lámina hacia la parte en que el pecíolo se transforma en vainas de la hoja. Se tomaron 5 sub-muestras de cada lote experimental para hacer una muestra compuesta. Estas se colocaron en bolsas de papel perforadas. Las muestras se secaron en un horno a 65-70°C y se molieron en un molino eléctrico de acero inoxidable cuando se querían determinar micronutrientes y de bronce cuando solamente se querían determinar los nutrientes mayores.

El nitrógeno se determinó por el método de micro-Kjeldahl según lo describe BREMNER (1965). Para la determinación de los otros nutrientes, las muestras se prepararon por medio de la digestión húmeda (alcohol metílico + H_2SO_4 +

H_2O_2) y se diluyó con agua destilada. El P se determinó por el método de ácido ascórbico descrito por WATANABE y OLSEN (1965); y el K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu y Zn, por absorción atómica.

RESULTADOS Y DISCUSION

Características de los suelos.

La textura de los suelos en las áreas experimentales varió desde franco limosa a franco arcillo limosa en Finca 15, Changuinola; franco arcillo limosa a franco arcillosa en Finca 64, Changuinola; franco arcillosa en Finca 11, Palmar; franco arcillo limosa a franco arcillosa en Finca La Curva, Honduras. La capacidad de intercambio de cationes de los suelos en estas áreas varía de 20-50 meq/100 g de suelo.

Algunas características químicas de los suelos en las áreas experimentales se muestran en la tabla 1. Los suelos de Panamá y Costa Rica son ácidos; mientras que los de Honduras son alcalinos. Es evidente el bajo contenido de K en el área del experimento de PK en Changuinola. Este suelo también tiene más baja concentración de Ca. El suelo de Honduras contiene más P y K extraíbles que los otros suelos.

Experimento de fósforo y potasio - Finca 15, Changuinola, Panamá.

Se inició este experimento en junio 1973, en una área que había sido abandonada debido a la baja producción, para determinar la posibilidad de rehabilitar estas áreas. Se sembró en un sistema hexagonal a una densidad de población de 1534 rizomas (semillas) de 'Gran Enano' por hectárea. El diseño experimental fué un factorial (3^2) arreglado en bloques completamente al azar con 8 repeticiones.

TABLA 1 - Características químicas de los suelos en las áreas experimentales de Panamá, Costa Rica y Honduras. *

TABLE 1 - Chemical characteristics of the soils of experimental areas in Panama, Costa Rica and Honduras.*

TABEAU 1 - Caractéristiques chimiques des sols des zones expérimentales à Panama, Costa Rica et Honduras.*

Experimento	Lugar Place Lieu	pH	materia orgánica %	Nutrientes extraídos con acetato de amonio a pH 4.8 (ppm) Extractible elements with amonium acetate at pH 4.8 Éléments extractibles par l'acétate d'ammonium à pH 4.8			
				P	K	Ca	Mg
PK	Changuinola	5,5	2,9	3,3	40	1 600	338
NK	Changuinola	5,9	3,1	3,5	138	2 875	588
NPK	Palmar	6,0	2,6	5,5	139	7 225	568
KMg	Valle de Sula	7,7	2,7	30,0	155	5 000	288

* - Profundidad - Depth - Profondeur : 0-30 cm.

Los tratamientos fueron combinaciones de 0, 450 y 900 kilogramos por hectárea por año (kg/ha/a) de K en forma de sulfato con 0, 112 y 225 kg/ha/a de P en forma de superfosfato triple. La mitad del P se aplicó en el fondo del hoyo de siembra y se cubrió con tierra antes de sembrar la semilla; la otra mitad del P se enterró en cuatro sitios alrededor del rizoma a 45 cm de éste y a 20 cm de profundidad. Un octavo de un kg de K_2SO_4 se aplicó en el hoyo antes de la siembra y el resto se esparció sobre y alrededor (10-12 cm) de la semilla. Posteriormente, el P se enterró en una aplicación en cuatro sitios alrededor de la planta y el K se aplicó al voleo alrededor de la mata en dos aplicaciones al año. Toda el área experimental recibió 390 kg/ha/a de N en

forma de urea en cuatro aplicaciones al año. Se tomó información de las 25 matas centrales en cada lote (0.045 ha).

La aplicación de P no tuvo ningún efecto en el crecimiento de las plantas o en la producción; pero el K sí tuvo un efecto pronunciado en el crecimiento del banano. El efecto de la aplicación de K en algunas características agronómicas del banano se muestran en las tablas 2 y 3. La adición de K redujo significativamente el número de días desde la siembra a la floración y la cantidad de racimos perdidos. La aplicación de K aumentó la circunferencia del seudotallo, el número de manos por racimo, el largo de los dedos, los racimos cosechados, el peso promedio de los racimos, y la producción total. Similarmente, la aplicación de K aumentó la concen-

TABLA 2 - Efecto de potasio en las características agronómicas del banana - Experimento PK * - Changuinola, Panamá

TABLE 2 - Potassium effect on the agronomic characteristics of the banana.

TABLEAU 2 - Effet du potassium sur les caractéristiques agronomiques du bananier.

K apl. kg/ha/a	Crecimiento ** growth croissance (días - days - jours)	fruta - fruits - fruits cosechada - harvested - récoltés pérdida - lost - perdus (racimos/ha - bunches/ha - régimes/ha)		peso promedio mean weight poids moyen (kg)	producción total t/ha
0	207.5a***	2741 b	100 a	23.3c	70.4 c
450	194.7 b	2797 ab	77 a	28.8 b	88.6 b
900	190.2 b	2932 a	43 b	31.2 a	100.8 a

* - datos desde que se sembró en junio, 1973 hasta diciembre 1974.

Data from the planting, June 1973, to December 1974.

Données de la plantation, juin 1973, à décembre 1974.

** - Tiempo desde la siembra a la floración - Planting-flowering interval - Intervalle plantation-floraison.

*** - Valores en las columnas seguidas por letras diferentes son estadísticamente diferentes al nivel de probabilidad de 5 %.

Values followed by different letters in the columns are statistically different at 0.05 level.

Les valeurs suivies de lettres différentes dans une même colonne sont statistiquement différentes à $P = 0,05$.

TABLA 3 - Efecto de potasio en las características agronómicas del banano * - Experimento PK - Changuinola, Panamá.

TABLE 3 - Potassium effect on the agronomic characteristics of the banana.

TABLEAU 3 - Effet du potassium sur les caractéristiques agronomiques du bananier.

K apl. kg/ha/a	tamaño de racimos - size of bunches - dimensions des régimes plantilla - plant crop - retoño - ratoon - manos - hands premier cycle deuxième cycle mains (kg)			largo de dedo finger length longueur du doigt	circunferencia del seudotallo circumference of pseudostem circonférence du pseudo-tronc (cm)
0	20.4 c **	27.0 c	6.5 c	22.6 b	52.2 c
450	23.5 b	34.9 b	6.9 b	23.7 a	57.2 b
900	25.2 a	37.6 a	7.2 a	23.9 a	59.8 a

* - datos desde la siembra en junio, 1973 hasta diciembre 1974 - data from the planting, June 1973, to December 1974 - données de la plantation, juin 1973, à décembre 1974.

** - Valores en las columnas seguidas por letras diferentes son estadísticamente diferentes al nivel de probabilidad de 5 %

Values followed by different letters in the columns are statistically different at 0.05 level.

Les valeurs suivies de lettres différentes dans une même colonne sont statistiquement différentes à $P = 0,05$.

TABLA 4 - Efecto de potasio en la concentración de nutrientes (% en la materia seca) en la lámina - Experimento PK - Changuinola, Panamá.

TABLE 4 - Potassium effect on the nutrient concentrations in the lamina (% d.m.)

TABLEAU 4 - Effet du potassium sur les teneurs du limbe en éléments (% de m.s.).

K apl. kg/ha/a	N	P	K	Ca	Mg
0	3.06	0.14	1.46	0.93	0.44
450	3.09	0.15	2.54	0.84	0.39
900	3.04	0.15	2.93	0.79	0.35

* - Muestras tomadas en septiembre de 1974 - Samples taken september 1974 - Echantillons prélevés en septembre 1974.

tración de K en la lámina de la tercera hoja (tabla 4); pero tendió a disminuir la concentración de Ca y Mg, debido posiblemente a una dilución causada por el mayor crecimiento en las parcelas tratadas y/o a un antagonismo del K en la absorción de estos nutrientes.

Las muestras para el análisis foliar se tomaron del primer retoño (segunda cosecha); pudiéndose notar que las plantas en los lotes testigos estaban muy deficientes en K (1.46 %) y aún los primeros 450 kg/ha de este nutriente no fueron suficientes para suplir las necesidades de las plantas. Esto lo corrobora la concentración de K en la lámina (2.54 %) de plantas de parcelas que recibieron 450 kg/ha/a de K y el aumento en peso de los racimos y en el contenido de K (2.93 %) con el segundo incremento de este nutriente. La concentración de Fe, Mn, Cu y Zn en la lámina fué de 128, 645, 32 y 34 ppm, respectivamente. Los resultados indican que estos suelos necesitan más de 450 kg/ha/a de K para suplir las necesidades de la planta de banano. La suficiencia de K está relacionada con concentraciones de K en la lámina superiores a 2.54 %.

Experimento de nitrógeno y potasio - Finca 64, Changuinola, Panamá.

Se inició esta prueba en enero de 1972 en una plantación de 'Valery' establecida con una densidad de población de 1373 plantas por hectárea. Se aplicaron cinco niveles de N, 168, 336, 504, 672 y 840 kg/ha/a en forma de urea; y dos niveles de K, 0 y 450 kg/ha/a en forma de sulfato. Los tratamientos se hicieron en cuatro aplicaciones al año en bandas alrededor de los hijos. El experimento fué un factorial arreglado en un diseño de bloques completamente al azar con seis repeticiones.

La aplicación de K no afectó el largo del periodo de la floración a la cosecha, el tamaño de las plantas, ni el número de racimos cosechados. Sin embargo, el peso de los racimos fué aumentado de 42.9 a 44.9 kg con la aplicación de 450 kg/ha/a de K. El pequeño aumento en el peso de los

racimos se debió a un aumento de 9.46 a 9.72 manos/racimo.

La concentración de K subió de 2.76 % en la lámina de muestras de los lotes testigos a 3.11 % en la hoja de los lotes tratados con 450 kg/ha/a de K. El pequeño aumento obtenido en el peso de los racimos fué debido a que aún en los lotes testigos, la lámina tenía una concentración relativamente alta de K. La concentración promedio de N, P, Ca, y Mg fué de 2.65, 0.16, 0.64 y 0.31 %; y la de Fe, Mn, Cu y Zn fué de 107, 343, 34 y 36 ppm, respectivamente.

La diferencia en la respuesta a la aplicación de K en el experimento de PK y el de NK estuvo relacionada con las diferencias en la concentración de K en la hoja y el K extraíble en los dos suelos. El suelo donde se llevó a cabo el experimento de PK solamente tenía 40 ppm de K; mientras que el otro suelo tenía 138 ppm de K extraíble con una solución de 1 N de acetato de amonio a pH 4.8.

Experimento de fertilizante completo - Finca 11, Palmar, Costa Rica.

Inicialmente se sembró este experimento en 1967 para evaluar la respuesta del banano 'Valery' a la aplicación de N, P y K. La prueba se terminó en 1971 debido al exceso de pérdidas por desraizamiento, atribuido al exceso de Cu (hasta 11,400 ppm extraído con una solución de acetato de amonio a pH 4.8) acumulado en la materia orgánica sepultada bajo el sedimento acarreado por el río Terraba. No se encontró ningún efecto de los tratamientos en el peso de los racimos o la cosecha total.

En 1971 se destruyeron las plantas de banano y se aplicó cal al voleo a razón de 12.4 t/ha y se incorporó en los primeros 20-30 cm del suelo. Se sembró nuevamente en forma hexagonal con una densidad de población de 1373 plantas por hectárea. Los tratamientos consistieron de selectas combinaciones de N, P y K. Los siguientes niveles, en kg/ha/a, fueron usados: 0, 140, 280, 420 y 560 de N en forma de urea; 0, 28, 56 y 112 de P en forma de superfos-

fato triple ; y 0, 112, 225, 337 y 450 de K en forma de sulfato. El tamaño de los lotes experimentales fué de 0.10 de hectárea. El diseño experimental fué el de un «compuesto central» con 21 tratamientos y 4 repeticiones.

No hubo efecto de P en ninguna característica agronómica de la planta de banano. La aplicación de K no afectó el número de racimos cosechados o perdidos ; pero aumentó el peso de los racimos y la cosecha total (tabla 5). El primer incremento de K produjo el aumento más pronunciado en el peso de los racimos ; pero la mayor producción fué obtenida con 337 kg/ha/a de K. Esto se debió principalmente a que hubo menos pérdidas en este tratamiento.

La concentración de nutrientes en la lámina se muestran en la tabla 6. La concentración de N fué ligeramente baja ;

mientras que el contenido de P, Ca y Mg pareció adecuado. Existe una buena relación entre el contenido de K en la lámina y el peso de los racimos. La aplicación de 112 a 225 kg/ha/a de K a este suelo parece suficiente para suplir las necesidades de K en la planta de banano. Estos niveles de aplicación de K están relacionados con concentraciones de 2.71 a 3.11 % de K en la lámina, indicando que el nivel crítico de potasio en la lámina de la tercera hoja se encuentra entre estos valores.

Muestreo en Palmar, Costa Rica.

En los últimos años se ha observado una reducción en la producción de banano en la zona de Golfito, Costa Rica,

TABLA 5 - Efecto de potasio en el peso de los racimos y en la producción total. Experimento NPK - Palmar, Costa Rica.

TABLE 5 - Potassium effect on bunch weight and total production *.

TABLEAU 5 - Effet du potassium sur le poids des régimes et la production totale *.

K apl. kg/ha/a	plantilla - plant crop cycle planté	peso por racimo			promedio total total average moyenne totale	producción total t/ha
		retoño - ratoon - rejeton				
		1º	3º	6º		
		kg				
0	25.1	36.9	35.7	32.1	32.8	211
112	26.6	37.7	39.5	36.0	35.5	216
225	27.3	38.6	39.6	37.0	35.5	212
337	27.3	38.3	40.4	37.0	36.1	226
450	26.5	40.5	41.2	38.5	37.1	225

* - Información desde que se plantó en abril, 1971 hasta diciembre, 1974.

Data from planting in april 1971, to december 1974.

Données de la plantation, en avril 1971, à décembre 1974.

TABLA 6 - Efecto de potasio en la concentración de nutrientes (% en materia seca**) en la lámina de la hoja III*.

Experimento NPK, Palmar, Costa Rica.

TABLE 6 - Potassium effect on the nutrient concentrations (% of d.m. **) in the lamina of leaf III *.

TABLEAU 6 - Effet du potassium sur les teneurs en éléments nutritifs (% de m.s.**) dans le limbe de la feuille III*.

K apl. kg/ha/a	N	P	K	Ca	Mg
0	2.50	0.17	2.65	0.80	0.29
112	2.45	0.17	2.71	0.75	0.29
225	2.37	0.16	3.11	0.75	0.27
337	2.41	0.16	3.04	0.72	0.27
450	2.48	0.18	3.23	0.83	0.26

* - Muestras tomadas en diciembre 1973. Samples taken december 1973. Echantillons prélevés en décembre 1973.

** - Manteniendo la aplicación de N y P a 280 y 56 kg/ha, respectivamente.

N and P application maintained at 280 and 56 kg/ha respectively.

Applications de N et P maintenues respectivement à 280 et 56 kg/ha.

TABLA 7 - Relación entre la apariencia de plantas de banano y la composición química de la lámina (en la m.s.)*
Palmar, Costa Rica.

TABLE 7 - Relationship between banana plant appearance and chemical composition of lamina (in d.m.)*

TABLEAU 7 - Relations entre l'aspect des bananiers et la composition chimique de leur limbe (matière sèche)*

Crecimiento growth croissance	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn
Muy pobre very poor très mauvaise	3.05	0.16	1.61	0.71	0.31	109	180	12	42
pobre - poor mauvaise	2.89	0.15	2.05	0.72	0.30	205	246	10	34
mediano - fair correcte	2.69	0.15	2.59	0.66	0.30	134	242	16	30
bueno - good bonne	2.66	0.16	3.05	0.61	0.25	110	236	28	34
muy bueno - very good - très bonne	2.58	0.17	3.35	0.60	0.25	94	243	11	26

* Muestras tomadas en diciembre 1974 - Samples taken december 1974 - Echantillons prélevés en décembre 1974.

TABLA 8 - Relación entre la apariencia de plantas de banano y la composición química del pecíolo (en la m.s.)*
Palmar, Costa Rica.

TABLE 8 - Relationship between banana plant appearance and chemical composition of petiole (in d.m.)*

TABLEAU 8 - Relations entre l'aspect des bananiers et la composition chimique de leur pétiole (matière sèche)*.

Crecimiento growth croissance	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn
muy pobre very poor très mauvaise	0.76	0.07	0.32	0.79	0.46	95	59	21	28
pobre - poor mauvaise	0.57	0.06	0.85	0.82	0.35	104	86	18	28
mediano - fair correcte	0.51	0.09	1.67	0.80	0.32	81	98	18	27
bueno - good bonne	0.49	0.08	3.08	0.82	0.18	89	114	16	27
muy bueno very good très bonne	0.42	0.10	3.27	0.87	0.18	64	128	20	28

* Muestras tomadas en diciembre 1974 - Samples taken december 1974 - Echantillons prélevés en décembre 1974.

acompañada de un empobrecimiento general que se manifiesta en la apariencia poco frondosa, de plantas con hojas amarillentas y pseudotallos delgados. Con el objeto de determinar las causas de este empobrecimiento, se tomaron muestras foliares (lámina y pecíolo) y de suelos, de áreas catalogadas visualmente desde muy pobres a muy buenas, para determinar si había alguna relación entre la composición química y la apariencia de las plantas.

Se observó una relación directa entre el contenido de K en la hoja y la apariencia de las plantas (tablas 7 y 8). La concentración de N y Mg en la lámina y pecíolo y la de Ca en la lámina tendió a disminuir con un aumento en la concentración de K. Esto pudo ser el resultado de una dilución debido a la producción de mayor cantidad de tejido en las plantas más desarrolladas y/o a un efecto antagonista de K en la absorción de estos nutrientes.

TABLA 9 - Comparación en el contenido de potasio entre la lámina y el pecíolo en áreas pobres y frondosas. Experimento KMg, Valle de Sula, Honduras.

TABLE 9 - Comparison of the K contents of lamina and petiole in poor and thick vegetation areas.

TABLEAU 9 - Comparaison des taux de K dans le limbe et le pétiole de zones mauvaises et à végétation fournie.

sitio place emplacement	tejido tissue tissu	K %*	deviación standard (s)	coeficiente de variabilidad C.V. (%)
frondoso thick vegetation végétation fournie	pecíolo	3.56	0.4652	13.0
	lámina			
pobre poor mauvaise	limbe	3.06	0.2685	8.8
	pecíolo	3.17	0.5488	17.3
promedio average moyenne	lámina	2.93	0.2293	7.8
	limbe	3.37	0.5428	16.1
	pecíolo	2.99	0.2575	8.6

* - Muestras tomadas en marzo 1974 - Samples taken in march 1974 - Echantillons prélevés en mars 1974.

TABLA 10 - Composición química de la lámina (% en m.s.*) - Experimento KMg, Valle de Sula, Honduras

TABLE 10 - Chemical composition of the lamina (% of d.m.*)

TABLEAU 10 - Composition chimique du limbe (% de m.s. *)

finca farm exploitation	N	P	K	Ca	Mg
San Juan	2.84	0.18	2.96	1.10	0.37
La Curva	2.80	0.17	3.08	1.09	0.35
Copén	2.74	0.17	2.86	1.05	0.39
Promedio	2.79	0.17	2.97	1.08	0.37

* - Muestras tomadas en marzo 1974 - Samples taken in march 1974 - Echantillons prélevés en mars 1974.

El promedio de K extraído del suelo con una solución de acetato de amonio a pH 4.8 fué de 80, 70, 108, 280 y 300 ppm en áreas catalogadas como muy pobres, pobres, medianas, buenas y muy buenas, respectivamente. Sin embargo, la relación entre el K del suelo y la apariencia de las plantas no fué tan buena como la relación entre el K en la hoja y la apariencia de las plantas. En estos suelos las plantas de banana sufrieron de severa deficiencia de K cuando el suelo tenía menos de 100 ppm de este nutriente.

Experimento de magnesio y potasio Valle de Sula, Honduras.

En 1974 se estableció este experimento en varias fincas del Distrito Bananero de La Lima, Honduras para determinar el efecto de K en la apariencia de las plantas y en el peso de los racimos.

Los tratamientos fueron:

- 1) 400 kg/ha/a de K + 28 kg/ha/a de Mg,
- 2) 400 kg/ha/a de K,
- 3) testigo.

Ambos nutrientes se aplicaron en forma de sulfatos. En cada finca se escogieron dos sitios, pobre y frondoso, de acuerdo a la apariencia de las plantas. El diseño experimental fué el de bloques completamente al azar con 3 repeticiones.

Antes de hacer la aplicación inicial de los tratamientos, se tomaron muestras de suelo y de tejido foliar (lámina y pecíolo) en marzo, 1974.

La concentración de K en las áreas frondosas fué de 3.56 % en el pecíolo y 3.06 % en la lámina; mientras que en las áreas pobres la concentración fué de 3.17 y 2.93 %

TABLA 11 - Composición química del pecíolo (% en m.s.)* - Experimento KMg - Valle de Sula, Honduras.

TABLE 11 - Chemical composition of the petiole (% of d.m.*)

TABLEAU 11 - Composition chimique du pétiole (% de m.s. *).

Finca farm exploitation	N	P	K	Ca	Mg
San Juan	0.78	0.10	3.25	1.16	0.30
La Curva	0.78	0.10	3.45	1.26	0.30
Copén	0.76	0.09	3.13	1.30	0.35
Promedio	0.77	0.10	3.28	1.24	0.32

* Muestras tomadas en marzo 1974 - Samples taken in march 1974 - Echantillons prélevés en mars 1974.

TABLA 12 - Comparación de áreas frondosas y áreas pobres * - Experimento KMg, Valle de Sula, Honduras.

TABLE 12 - Comparison between poor and thick vegetation areas *

TABLEAU 12 - Comparaison entre secteurs mauvais et à végétation fournie *

Finca farm exploitation	sitio - place emplacement	concentración de K			arcilla - clay argile %
		lamina - lamina limbe %	pecíolo - petiole pétiole %	suelo - soil sol ppm	
San Juan	frondoso thick vegetation végétation fournie	2.69 a**	4.24 a	207.8 a	32 b
	pobre - poor mauvais	2.33 b	3.28 b	199.8 a	46 a
La Curva	frondoso	2.36 a	3.18 b	191.1 a	31 a
	pobre	2.43 a	3.32 a	177.5 a	33 a
Copén	frondoso	2.79 a	3.38 a	176.1 a	31 b
	pobre	3.11 a	3.48 a	217.2 a	42 a

* - Muestras tomadas en marzo 1975 - Samples taken in march 1975 - Echantillons prélevés en mars 1975.

** - Valores en las columnas seguidos por letras diferentes son estadística mente diferentes al nivel de probabilidad de 5 %.

Values followed by different letters in the columns are statistically different at 0.05 level.

Les valeurs suivies de lettres différentes dans une même colonne sont statistiquement différentes à P = 0,05.

en el pecíolo y la lámina, respectivamente (tabla 9). Esta tabla también muestra mayor desviación estandar y coeficiente de variabilidad del K en el pecíolo que en la lámina. La composición química de la lámina y pecíolo en tres fincas se muestra en las tablas 10 y 11. El pecíolo tenía mayor concentración de K y Ca y menor de N, P y Mg que la lámina.

Nuevamente se tomaron muestras de suelo, y de lámina y pecíolo en marzo de 1975. El contenido de K en la lámina disminuyó en dos fincas en las muestras tomadas en 1975. Los tratamientos no afectaron la concentración de K en las plantas, excepto en la lámina del área frondosa de Copén, donde el contenido de este nutriente subió de 2.35 % en lotes testigos a 2.94 % con la aplicación de 400 kg/ha/a de

K. Se comparó el contenido de K en las hojas y en el suelo y el porcentaje de arcilla de áreas pobres y frondosas (tabla 12). Aunque hubo variación entre fincas, el porcentaje de arcilla en general fué mayor en las áreas pobres ; pero no hubo diferencia en el contenido de K en el suelo (tabla 12). Inicialmente se notó un pequeño aumento en el diámetro delseudotallo, peso de los racimos y el número de manojos por racimo con la aplicación de K.

Experimento de nitrógeno y potasio Valle de Sula, Honduras.

Se estableció otro experimento en 1974 en la Finca Laurel para determinar el efecto de cinco niveles de K, 0, 225,

TABLA 13 - Efecto de la aplicación de potasio en la concentración de este nutriente en la lámina y el pecíolo (% en m.s. *) - Experimento NK, Valle de Sula, Honduras.

TABLE 13 - Effect of potassium application on the concentration of this nutrient in lamina and petiole (% of d.m. *)

TABLEAU 13 - Effet de l'application de potassium sur le taux de cet élément dans le limbe et le pétiole (% de m.s. *).

K apl. kg/ha/a	lamina - lamina - limbe	pecíolo - petiole - petiole
0	2.81 a **	3.29 b
225	2.84 a	3.26 b
450	2.83 a	3.36 ab
675	2.92 a	3.52 ab
900	3.02 a	3.62 a

* Muestras tomadas 6 meses después de la aplicación inicial de los tratamientos.

Samples taken 6 months after the initial application of the treatments.

Echantillons prélevés 6 mois après l'application initiale des traitements.

** - Valores en las columnas seguidos por letras diferentes son estadísticamente diferentes al nivel de probabilidad de 5 %

Values followed by different letters in the columns are statistically different at 0.05 level.

Les valeurs suivies de lettres différentes dans une même colonne sont statistiquement différentes à $P = 0,05$.

450, 675 y 900 kg/ha/a en forma de sulfato de K ; y dos niveles de nitrógeno, 225 y 337 kg/ha/a en forma de urea en el peso de los racimos y la producción total. El experimento fué un factorial (2 x 5) arreglado en bloques completamente al azar con 8 repeticiones.

Seis meses después de la aplicación de los tratamientos se tomaron muestras de lámina y peciolo. La aplicación de K aumentó la concentración de este nutriente en la planta (tabla 13), pero las diferencias solamente fueron estadísticamente significativas en el pecíolo. Nótese el alto contenido de K en el pecíolo comparado con la lámina. La prueba se canceló a los 8 meses debido al daño ocasionado por el Huracán Fifi.

Sumarizando, hubo variación en la respuesta en el aumen-

to de peso de los racimos y en la producción total a la aplicación de K en diferentes áreas. Las diferencias en respuesta estuvieron relacionadas directamente con diferencias en la concentración de potasio en la hoja, la cual estuvo relacionada con el contenido de K en el suelo.

Los mayores aumentos en el peso de los racimos y en la producción total se obtuvieron cuando la concentración de K en la lámina de la tercera hoja de plantas con inflorescencias de dos semanas de edad o menores fué alrededor de 2.54 % o menores. No respuesta o muy poco efecto de la aplicación de K se obtuvo cuando las plantas tenían más de 2.75 % de K en la lámina. En general, la concentración de K en la lámina encontrada suficiente para el crecimiento normal de la planta del banano en estos experimentos son similares a los reportados por HEWITT (1955) y MURRAY (1960).

BIBLIOGRAFIA

ALLISON (L.E.). 1965.

Organic carbon.

En C.A. BLACK (ed.). *Methods of soil analysis. Part. 2. Agronomy* 9, 1367-1378. *Amer. Soc. Agron. Madison, Was.*

BOUYOUCOS (G.J.). 1962.

Hydrometer method improved for making particle size analysis of soils.

Agron. J., 54, 464-465.

BREMNER (J.M.). 1965.

Total nitrogen.

En C.A. BLACK (Ed.). *Methods of soil analysis. Part. 2. Agronomy* 9, 1149-1178. *Amer. Soc. Agron., Madison, Wis.*

HEWITT (C.W.). 1955.

Leaf analysis as a guide to the nutrition of bananas. *Empire J. of Exper. Agric.*, 23, 11-16.

MURRAY (D.B.). 1960.

The effect of deficiencies of the major nutrients on growth and leaf analysis of the banana.

Trop. Agric. Trinidad, 37, 97-106.

WATANABE (F.S.) and OLSEN (S.R.). 1965.

Test of an ascorbic acid method for determining phosphorus in water and NaHCO_3 extracts from soils.

Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 29, 677-678.

ETUDES PRELIMINAIRES SUR LA NUTRITION POTASSIQUE DES BANANERAIES EN AMERIQUE CENTRALE

Le bananier [Musa (groupe AAA) sous-groupe 'Cavendish' cultivars 'Valery' et 'Grande Naine'] fait l'objet de cultures commerciales, en Amérique centrale, sur les sols alluviaux des vallées côtières. Celles-ci sont fréquemment inondées et reçoivent des dépôts de nouveaux sédiments. En conséquence, le profil des sols est dépourvu d'horizons définis, remplacés par des couches successives de sédimentation.

Pendant de nombreuses années, N a été le seul élément nutritif apporté aux bananeraies d'Amérique centrale, car on n'avait mis en évidence aucun effet des apports de P, K ou oligo-éléments sur la production ni sur la qualité du fruit. Cependant, vers les dernières années 60, on a commencé à observer un appauvrissement général, et une diminution de la production dans certaines zones bananières du Costa Rica et du Panama. Des essais sur le terrain et des analyses foliaires ont démontré que la déficience en K avait été un facteur important de la chute de la production bananière. Le présent travail relate une partie des résultats obtenus dans ces essais, et les analyses foliaires réalisées.

On a prélevé des échantillons de sol composites, à une profondeur de 0-30 cm. La distribution des particules par dimensions a été déterminée par la méthode de BOUYOUCOS ; le pH a été mesuré sur une suspension sol-eau dans le rapport 1 : 2, à l'aide d'une électrode de verre et d'une électrode au calomel reliées à un potentiomètre. Pour déterminer la capacité d'échange de cations, on a utilisé une solution d'extraction d'acétate d'ammonium aux pH 4,8 et 7,0. La matière organique a été déterminée par la méthode d'oxydation humide de Walkley-Black. Ca, Mg, K, P et les oligo-éléments ont été extraits par une solution normale d'acétate d'ammonium à pH 4,8.

Les échantillons pour l'analyse foliaire ont été prélevés sur la feuille en position III, sur des plants portant des inflorescences émises depuis moins de deux semaines, de la manière suivante : on a coupé une bande de limbe de 15 à 20 cm de large au milieu de la feuille, sur le demi-limbe qui se déroule le premier, de la nervure à la marge de la feuille. Dans le cas du pétiole, on a coupé 15 à 20 cm depuis la base du limbe en direction de la base du pétiole. Dans chaque parcelle, on a prélevé cinq sous-échantillons pour constituer un échantillon composite. Les échantillons ont été placés dans des sachets de papier perforé et séchés à 65-70°C.

L'azote a été déterminé par la méthode micro-Kjeldahl. On a utilisé une méthode de digestion humide ($\text{CH}_3\text{OH} + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2$) pour extraire les éléments nutritifs des tissus végétaux. Le phosphore a été analysé par la méthode à l'acide ascorbique et K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn par absorption atomique.

PRELIMINARY STUDIES OF POTASSIUM NUTRITION IN BANANAS IN CENTRAL AMERICA

Commercial bananas [Musa (group AAA) sub-group 'Cavendish', cultivar 'Valery' and 'Grand Nain'] in Central America are grown on alluvial soils of the coastal valleys. These valleys are subject to frequent floodings and receive deposits of new sediments. Therefore, the soil profile does not show defined horizons, but a series of deposition layers.

For many years, N was the only nutrient applied in the banana plantations of Central America because no effect from P, K or micronutrient application was found on production and fruit quality. However, in the late 60's, a general impoverishment of the plants and reduction of production in some banana plantations of Costa Rica and Panama were observed. Field trials and foliar analyses have determined that K deficiency has been an important factor in the reduction in banana production. Part of the results obtained in these experiments and the foliar analyses carried out are reported in the present work.

Composite soil samples were taken at a depth of 0 to 30 cm. Particle size distribution was determined by the BOUYOUCOS method ; soil pH was measured in a suspension of 1:2 soil-water, using electrodes of Calomel and glass and a potentiometer. An ammonium acetate extracting solution was used at pH 4.8 and 7.0 to determine exchange capacity. Organic matter was determined by the wet oxidation method of Walkley-Black. Calcium, Mg, K, P, and micronutrients were extracted with a solution 1N of ammonium acetate at pH 4.8.

Samples for foliar analysis were taken from the third youngest leaf of plants with inflorescences less than two weeks old as follows : a portion of 15 to 20 cm wide was cut in the center of the leaf of the side of the lamina that unfurls first from the midrib to the leaf margin. In the case of the petiole, a 15 to 20 cm from the base of the lamina to the base of the petiole was cut. In each plot five sub-samples were taken to make a composite sample. The samples were placed in perforated paper bags and dried at 65 to 70°C.

Nitrogen was determined by the micro-Kjeldahl Method. The wet digestion method ($\text{CH}_3\text{OH} + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2$) was followed to extract the nutrients from the plant tissue. Phosphorus was analyzed by the ascorbic acid method ; and K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, and Zn by atomic absorption.

Soil texture in the experimental areas varied from clay loam to silty loam. Cation exchange capacity varied from 20 to 50 meq/100 g of soil. Other chemical characteristics of these soils are shown in Table 1. Soils from Costa Rica and Panama are acid ; while the ones from Honduras are alkaline. Other differences in chemical characteristics of these

La texture des sols dans les zones expérimentales a comporté tous les intermédiaires entre argileuse et limoneuse. La capacité d'échange de cations a varié de 20 à 50 meq/100 g. On trouvera les autres caractéristiques chimiques dans le tableau 1. Les sols du Costa Rica et du Panama sont acides, tandis que ceux du Honduras sont alcalins, et d'autres différences dans leurs caractères chimiques sont évidentes.

Les tableaux 2 et 3 montrent les effets d'applications de K sur les caractéristiques agronomiques de la 'Grande Naine' dans l'essai PK de l'exploitation n° 15, Changuinola, Panama. L'addition de K a augmenté la circonférence du pseudo-tronc, le nombre de mains par régime, la longueur des doigts, le nombre de régimes récoltés, le poids moyen des régimes, et la production totale ; mais elle a diminué l'intervalle plantation-floraison et le nombre de régimes perdus.

Les échantillons foliaires ont été prélevés sur le premier rejeton (deuxième cycle). L'application de K a augmenté le taux de K dans le limbe. Mais elle a eu tendance à diminuer ceux de Ca et Mg (tableau 4) : cela peut être dû à un effet de dilution dû à l'augmentation de croissance, et/ou à un antagonisme de K sur l'absorption de ces deux éléments. La teneur en K du limbe passe de 1,46 à 2,54 et 2,93 % de matière sèche quand on apporte 450 et 900 kg/ha/an de K. Le faible taux de K chez le témoin est à relier à la faible teneur de son sol : 40 ppm.

Dans l'essai NK de l'exploitation n° 64, Changuinola, Panama, l'application de 450 kg/ha/an de K a peu modifié les caractéristiques agronomiques de la 'Valery', augmentant seulement le poids du régime de 42,9 à 44,9 kg. Le taux de K du limbe est passé de 2,76 pour le témoin à 3,11 p. 100 pour les parcelles traitées. La teneur relativement élevée même chez le témoin est à rapprocher des 138 ppm de K dans le sol.

Dans l'exploitation n° 11, Palmar, Costa Rica, on a réalisé un essai engrais NPK complet, avec des applications de 0, 112, 225, 337 et 450 kg/ha/an de K. L'application de K n'a pas modifié le nombre de régimes récoltés ou perdus, mais a augmenté le poids moyen et la récolte totale (tableau 5). Le tableau 6 donne la composition du limbe dans les différents traitements. L'application de 112 et 225 kg/ha/an de K correspond à des teneurs foliaires de 2,71 et 3,11 p. 100 de K, indiquant que pour ce sol le niveau optimum d'application de K se situe entre ces deux valeurs. La faiblesse de la réponse à l'application de cet élément est à relier au niveau de 139 ppm de K dans le sol.

En décembre 1974, on a fait une enquête d'analyses sol et feuilles sur diverses exploitations du District de Palmar, Golfito, Costa Rica, dans des zones cataloguées visuellement de très mauvaises à très bonnes, afin d'essayer de déterminer s'il y avait quelque relation entre la composition chimique et l'aspect des plantes. On a observé une relation directe entre celui-ci et le taux de K dans la feuille (tableaux 7 et 8).

soils are also evident.

The effect of the application of K on the agronomic characteristics of 'Grand Nain' in the PK Experiment - Farm 15, Changuinola, Panama are shown in Tables 2 and 3. The addition of K increased pseudostem circumference, number of hands per stem, finger length, number of stems harvested, mean stem weight and total production ; but it reduced the number of days from planting to flowering and the number of stems lost.

Samples for foliar analysis were taken from the first ratoon crop (second harvest). Potassium application increased K concentration in the lamina ; but tended to decrease Ca and Mg content (Table 4). This was possibly due to a dilution caused by more foliage produced in treated plots, and/or to an antagonism of K in the absorption of these nutrients. Potassium concentration in the leaf increased from 1.46 to 2.54 and 2.93 % of dry matter with the application of 450 and 900 kg/ha/year of K, respectively. The low K concentration in the control plots was related to the low content of this nutrient in the soil (40 ppm).

In the NK Experiment - Farm 64, Changuinola in Panama, the application of 450 kg/ha/year of K had little effect on the agronomic characteristics of 'Valery' and stem weight only increased from 42.9 to 44.9 kg. Potassium concentration in the lamina was 2.76 % in the control plots and increased to 3.11 % in the treated plots. The relatively high K concentration even in the control treatment was related to 138 ppm of K in the soil.

In Farm 11, Palmar in Costa Rica, a complete Fertilizer Experiment (NPK) was carried out. For this trial, 0, 112, 225, 337, and 450 kg/ha/year of K were applied. Potassium application did not affect the number of stems harvested or lost ; but it increased mean stem weight and total yield (Table 5). Table 6 shows the chemical composition of the lamina in the different treatments. The application of 112 and 225 kg/ha/year of K was related to levels of 2.71 and 3.11 % of K, indicating that the optimum rate of K application for this soil is found between these levels. The small response to the application of this element was related to a concentration of 139 ppm of K in the soil.

In December, 1974 a soil and leaf survey was made in some farms from Palmar, Golfito in Costa Rica, from areas visually rated from very poor to very good, to try to determine if there was any relationship between chemical composition and the appearance of the plants. A direct relationship was observed between K content in the leaf and the appearance of the plants (Tables 7 and 8). Nitrogen and Mg concentration in the lamina and petiole, and Ca in the lamina tended to decrease with the increase in K concentration. This could have been the result of dilution due to the production of larger plants and/or to an antagonistic effect of K in the absorption of these nutrients. The

Le taux de N et Mg dans le limbe et le pétiole, et celui de Ca dans le limbe, tendent à diminuer quand le taux de K augmente. Cela peut être le résultat d'une dilution due à la production d'une quantité de tissus plus élevée par des plantes à plus forte croissance, et/ou d'un effet antagoniste de K sur l'absorption de ces éléments. Le taux moyen de K extractible dans les sols a été de 80, 70, 108, 280 et 300 ppm pour des zones cataloguées respectivement comme très mauvaises, mauvaises, bonnes et très bonnes. Cependant on n'a pas trouvé une relation aussi étroite entre le K du sol et l'aspect des plantes qu'entre le K des feuilles et l'aspect des plantes.

Dans la vallée de Sula, Honduras, on a mené un essai K Mg sur des zones bananières mauvaises et bonnes (végétation dense) avec les traitements suivants : 1) 400 kg/ha/an de K plus 28 kg/ha/an de Mg ; 2) 400 kg/ha/an de K ; 3) témoin. Des échantillons de limbe et de pétiole ont été prélevés avant mise en place des traitements, en mars 1974. Le taux de K dans les zones à végétation dense était de 3,56 p. 100 pour le pétiole et 3,06 p. 100 pour le limbe, tandis que dans les zones mauvaises il était respectivement de 3,17 p. 100 et 2,93 p. 100 pour le pétiole et le limbe (tableau 9). Ce tableau montre également que l'écart-type et le coefficient de variation sont plus élevés dans le pétiole que dans le limbe. Les tableaux 10 et 11 montrent la composition chimique du limbe et du pétiole dans trois exploitations avant l'application des traitements. On a prélevé à nouveau des échantillons de feuilles et de sols en mai 1975. D'une manière générale, le taux de K foliaire a été inférieur à celui de 1974. Les traitements n'ont pas influencé le taux de K dans la plante, excepté dans le limbe de la zone à belle végétation de l'exploitation Copén où il est passé de 2,35 p. 100 pour les parcelles témoins à 2,94 p. 100 pour les parcelles traitées. On a comparé la teneur en K du sol et des feuilles et le pourcentage d'argile, dans les zones mauvaises et belles (tableau 12). En général, les zones mauvaises étaient plus argileuses, mais la teneur du sol en K ne différait pas. On a observé une augmentation du diamètre du pseudo-tronc, du poids des régimes et du nombre de mains par régime sous l'effet de l'application de K.

En 1974 on a installé un essai NK dans l'exploitation Laurel, Vallée de Sula, Honduras. On a appliqué 0, 225, 450, 675 et 900 kg/ha/an de K en combinaison avec 225 et 337 kg/ha/an de N. Des échantillons de limbe et de pétiole ont été prélevés six mois après l'application de K. Les traitements ont augmenté la teneur en K (tableau 13) ; mais les différences ne furent significatives que dans le pétiole. L'essai fut interrompu à huit mois à cause des dégâts causés par l'ouragan Fifi.

En résumé, on a observé dans les différentes régions des différences d'effet de l'application de K sur le poids des régimes et sur la production totale. Les différences de réponse se relient directement aux différences de taux de K dans la feuille, qui se relie lui-même au niveau d'application de cet élément et à la teneur du sol en K. L'application de K

average K extracted from these soil was 80, 70, 108, 280, and 300 ppm in areas classified as very poor, poor, fair, good, and very good, respectively. However, the relationship between K in the soil and plant appearance was not as direct as the relationship between K in the leaf and the appearance of the plants.

In the Sula Valley, Honduras a trial of KMG was conducted in poor and good banana areas with the following treatments : 1) 400 kg/ha/year of K plus 28 kg/ha/year of Mg, 2) 400 kg/ha/year potassium, and 3) control. Lamina and petiole samples were taken before the application of the treatments in March, 1974. Potassium concentration in good areas was 3.56 % in the petiole and 3.06 % in the lamina ; while in poor areas the concentration was 3.17 and 2.93 % in the petiole and lamina, respectively (Table 9). This table also shows higher standard deviation and coefficient of variation for K in the petiole than in the lamina. Tables 10 and 11 shows the chemical composition of the lamina and petiole in 3 farms before applying the treatments. Leaf and soil samples were also collected in March, 1975. Potassium concentration in the leaf, in general, was lower than in 1974. The treatments did not affect K concentration in plants, except in the lamina of the good area of Copen Farm, where the content of this nutrient increased from 2.35 % in the control plots to 2.94 % in the treated ones. Potassium content in the leaves and soil, and the percentage of clay were compared in poor and good areas (Table 12). In general, poor areas had higher clay content than good areas ; but there were no differences in K content in the soil. An increase in diameter of the pseudostem, stem weight and the number of hands per stem has been observed with K application.

In 1974, a NK Experiment was established in Laurel Farm, Sula Valley, Honduras. For this experiment, 0, 225, 450, 675, and 900 kg/ha/year of K were applied in combination with 225 and 337 kg/ha/year of N. Lamina and petiole samples were taken six months after the treatments were applied. Potassium treatments increased K concentration (Table 13) ; but differences were statistically significant only in the petiole. The trial was cancelled eight months from its initiation because of the damage caused by Hurricane Fifi.

In summary, there were differences in the effect of K application on stem weight and total production in different areas. Variations in response were directly related with differences in K concentration in the leaf, which was related with the level of application of this nutrient and with K content in the soil. Little effect from K application was observed when the K concentration in the lamina in control plots was 2.75 % or more.

provoque très peu d'effets favorables quand le taux de cet élément dans le limbe des parcelles témoins est égal ou supérieur à 2,75 p. 100.

