

A comparative study of the sulfur nutrition of banana and plantain.

R.L. FOX, B.T. KANG et G.F. WILSON*

UN ESTUDIO COMPARATIVO DE LA NUTRICIÓN DEL AZUFRE EN EL BANANO Y EN EL PLÁTANO.

UNE ETUDE COMPARATIVE DE LA NUTRITION EN SOUFRE DU BANANIER ET DU PLANTAIN

R.L. FOX, B.T. KANG et G.F. WILSON

Fruits, sep. 1979, vol. 34, n° 9, p. 525-534.

RESUME - Des bananiers 'Gros Michel, et des plantains 'Agbagba' ont été cultivés soixante-dix jours sur un sol dont le taux de SO_4-S dans la solution était maintenu approximativement à 0,2-0,6-1,7-5-15 ou 45 ppm. Le rythme d'émissions foliaires du plantain et la production de matière sèche des deux espèces étaient maximum à 5 ppm, avec réduction de croissance aux taux plus élevés. Le besoin externe en SO_4-S pour 95 p. 100 de la croissance maximum était de 2 ppm pour les deux espèces.

L'analyse montre que S n'est pas facilement transporté des feuilles âgées aux jeunes feuilles, même en cas de déficience sévère en S. Seul un grand excès conduit à une accumulation appréciable de S dans les tissus conducteurs ; le taux de S dans les nervures, pétioles et gaines tend à demeurer faible et constant depuis la carence sévère en S jusqu'à l'optimum approximatif. Le besoin interne en S peut être convenablement diagnostiqué par la teneur en S de la section médiane de la feuille en position III : 0,22 p. 100 pour le bananier et 0,25 p. 100 pour le plantain à 95 p. 100 du rendement maximum, 0,27 p. 100 pour les deux espèces au rendement maximum. Le taux de N des feuilles matures du plantain tend à être supérieur à celui du bananier mais pour les feuilles 0 (non déroulées) et I c'est l'inverse. Le rapport N/S coïncidant avec le rendement maximum n'est pas constant : 10,6 pour les feuilles 0, I, IV et V, 13,6 pour la feuille III.

In addition to being important crops of commerce, banana and plantain are staple crops for millions of inhabitants of the humid tropical zone. For example, according to MELIN and DJOMO (1972) the principal food crops of the Camerouns are plantains, taro and cassava which were produced in equal amounts : 615, 610 and 600 x 10³ tons per year, respectively. Since banana is an important commercial crop, numerous studies have been made of its nutritional requirements. The studies have been concerned with N and K primarily because these are the nutrients most abundant in the vegetative parts and in the harvested bunches as well.

Very little work has been done on nutrients other than N, P and K even on banana, and plant nutritional studies on plantain are rare indeed. Among the nutrients which have received some attention, but must be studied in greater detail, is the element S, since this element is a recognized problem in vast areas of the tropics (KANG and OSINAME, 1976).

Numerous observations on a variety of crops in the tropics, including banana, have demonstrated that incipient S deficiencies abound. This is related to low concentrations of S in rainwaters and generally low levels of organic S in soils (BROMFIELD, 1974 ; FOX, MOORE, WANG, PLUCKNETT and FURR, 1965). To compound the problem, some

* - R.L. FOX and B.T. KANG - University of Hawaii, Honolulu, Hawaii
G.F. WILSON - International Institute of Tropical Agriculture Ibadan, Nigeria.

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

soils of the humid tropics adsorb SO_4^{2-} strongly, especially in subsurface horizons. These soils may be S deficient even though they contain much SO_4 (HASAN, FOX and BOYD, 1970). Sulfate solubility, and presumably its availability to plants also, is related to the quantity of adsorbed SO_4^{2-} in relation to the capacity of soils for SO_4^{2-} adsorption. Most soils developed in weathered volcanic ash adsorb SO_4^{2-} strongly. These are important banana soils in many areas of the tropics. Sulfur deficiencies of bananas have been reported in the Windward Islands (MESSING, 1970) and in the Camerouns (MARCHAL, MARTIN-PREVEL and MELIN, 1972). An instance of very low S analysis (0.13 % in leaf III) has been reported from Hawaii (WARNER, FOX and PRASOMSOOK, 1974) where low leaf S and leaf N in excess of 3.0 percent was associated with slower plant growth, lateness to flower and lower fruit yield per unit time.

There is at present little agreement on the most suitable plant tissue for foliar diagnosis of mineral nutrient deficiencies of banana. A compilation of methods used in several laboratories has been made by MARTIN-PREVEL (1974). He has concluded that data cannot be transferred with confidence among the various sampling systems employed and has proposed that a standard international procedure be agreed upon. This procedure could serve as a reference method against which other sampling methods could be calibrated. The research reported here was done in anticipation of a seminar held in the Canary Islands for the purpose of developing the standard international sampling procedure.

This study was designed to select suitable plant tissues for correlating growth against plant S composition. In order to provide a wide variation in plant S composition, S levels supplied to the plants were ranged from severe deficiency to excess. Since the prime function of the seminar was to select appropriate tissues for the international sampling procedure, detailed analyses of the various plant tissues were also carried out.

We believe that adequate control of plant nutrition in the field is unlikely unless there is relevant information about the supply of nutrients in the soil. Therefore we arranged to control, within reasonable limits, the concentration of SO_4 in soil solutions in which the experimental plants were growing.

POT CULTURE TECHNIQUES

'Gros Michel' banana and the most common type of plantain grown in Nigeria ('Agbagba', from the 'Horn' group) were grown in sandy loam topsoil taken from an area of derived savannah north of Ogbomosho, Western Nigeria. The soil is an Ustipsamment in the USA classification system. It contained 0.08 % N and 0.4 % C. Cation exchange

capacity was 3.0 meq/100 g, of which Ca, Mg and K made up 2.0, 0.7 and 0.15 meq/100 g, respectively. Soil pH (H_2O) was 6.4 and acid fluoride extractable P was 9 ppm. Potassium was added to a level of 0.5 me K/100 g; phosphate was added to give an equilibrium P concentration of 0.2 ppm in the soil solution.

Pots were fitted with nylon-glass wool wicks (two per pot) which lay across the bottom of the pot, passed through the drain hole, and hung free from the bottom of the pots 43 cm. These maintained tension on the soil water so that soil in the bottom of the pots would not be saturated with water for prolonged periods of time.

Pots were watered with a solution containing the following nutrients :

K	27 ppm
$\text{NH}_4\text{-N}$	25 ppm
Mg	3.6 ppm
Ca	20 ppm
P	0.2 ppm

Sulfur was added as a variable at concentrations ranging from 0 to 45 ppm $\text{SO}_4\text{-S}$. The balancing ions were Cl and Na.

Each pot was planted with one peeper, the corm of which had been peeled and treated against nematodes (no nematode injury could be detected at the conclusion of the experiment). The experiment was replicated twice and there were parallel plantings of banana and plantain.

The experiment was concluded 70 days after initial growth, by which time each plant bore a normal complement of leaves. The pseudo-stem was cut at ground level and separated into component leaf sheaths, petioles and blades. Each leaf blade was separated into three portions : a section taken from the point of maximum width of the leaf laminae sampled from the midrib to the edge of the leaf, the midrib, and the remainder of the leaf laminae. The longitudinal dimension of the mid-section was one-tenth of the length of the leaf blade. The petiole was from the attachment of the laminae to the attachment of the petiole to the pseudostem.

PLANT ANALYSES

Leaf position on the plants was numbered as follows : zero for the furled leaf, 1 for the most recently unfurled leaf, etc.

Sulfur determinations were made using the method of TABATABAI (1974) on nitric-perchloric acid digests of the various plant tissues. The digestion procedure was similar to the procedure of BLANCHARD, REHM and CALDWELL (1965). Details of the digestion procedure are being presen-

ted elsewhere by FOX, KANG and NAGJU (1977). Total nitrogen was determined by microdigestion in an aluminum heating block followed by steam distillation and titration of the $\text{NH}_4\text{-N}$. Phosphorus and macronutrient cations were determined in the nitric-perchloric acid digest. The following examples of mineral nutrient composition are for the leaf in position III of the adequately S-fertilized plants :

	Ca%	K %	Mg %	P %
Banana	0.8	4.9	0.3	0.2
Plantain	0.7	3.7	0.3	0.2

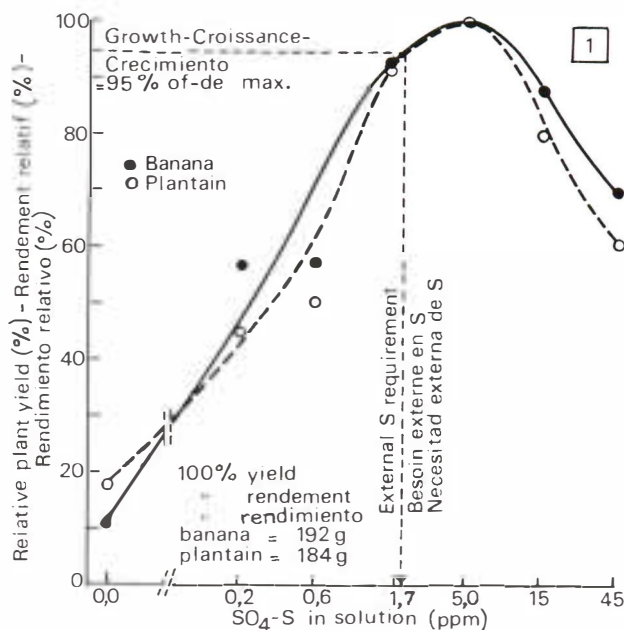
PLANT APPEARANCE AND GROWTH

Symptoms of S deficiency developed rapidly in systems which received no sulfate in leaching solutions. This is in keeping with the prevailing concept about S immobility in plants and suggests that banana plants should have a continuous supply of S. During the early stages of deficiency the emerging leaf was distinctly yellow in appearance but as the deficiency became more intense the emerging leaves became almost white. Sulfur-deficient leaves were thin and fragile. After emergence S-deficient leaves tended to become green ; the length of time required and the final condition attained depended upon the severity of the deficiency. Any appreciable reduction in growth was accompanied by incipient deficiency symptoms. There were no characteristic differences in S-deficiency symptoms between banana and plantain.

RELATIONSHIP BETWEEN EXTERNAL SULFATE SUPPLY AND GROWTH

Sulfur deficiency symptoms were accompanied by decreased vegetative production. Only if symptoms were severe was there evidence that the frequency of banana leaf production was affected ; however, maximum rate of leaf production by plantain was not attained unless $\text{SO}_4\text{-S}$ concentration in solution was 5 ppm (table 1). On the average, banana produced leaves more frequently than plantain.

Plant weight at 70 days growth in the pot was closely related to the concentration of $\text{SO}_4\text{-S}$ maintained in the soil solution. The growth response curves for banana and plantain were almost identical (fig. 1). Dry matter yield was maximum at 5 ppm S in solution. Yield was 95 % of maximum attained at about 2 ppm S in solution. These values are in general agreement with information on other plants from several sources that for maximum plant growth, solutions bathing roots should contain about 5 ppm $\text{SO}_4\text{-S}$ (FOX, 1976 ; FOX, KANG and NANGJU, 1977 ; FOX, OKAZAKI and CHANG, 1976 ; HASAN, FOX and BOYD, 1970). The data also suggest that $\text{SO}_4\text{-S}$ concentrations in



1 Growth of banana and plantain in relation to the concentration of $\text{SO}_4\text{-S}$ maintained in the soil solution. - Croissance du bananier et du plantain en relation avec la concentration de $\text{SO}_4\text{-S}$ maintenue dans la solution du sol. - Crecimiento del banano y del plátano en relación con la concentración de $\text{SO}_4\text{-S}$ mantenida en la solución del suelo.

excess of 5 ppm should be avoided. We do not know whether or not the growth depression associated with excess SO_4 may have been related to an unfavorable N:S ratio in the plant. The N level provided gave a leaf III N percentage of 3.84 % for banana and 4.41 % for plantain growing with adequate $\text{SO}_4\text{-S}$. This N level is more than adequate by standards which have been established for 'Giant Cavendish' bananas in Hawaii under conditions where the adequacy of S nutrition was suspect (WARNER, FOX and PRASOM-SOOK, 1974). An excess of SO_4 supply almost invariably led to an accumulation of N in leaves (table 2). We do not know whether this is cause or effect of depressed growth associated with high S.

DISTRIBUTION OF S IN THE BANANA AND PLANTAIN

Of all the tissues examined, S was most concentrated in the leaf blade. Data for the four tissues associated with leaf in position III (table 3) demonstrate that S concentrations generally decreased with distance from the leaf blade.

That S is relatively immobile in both banana and plantain is illustrated in table 4. When S was very deficient, lower leaves retained approximately 0.2 % S while upper leaves were about 0.1 %. When S was adequately supplied, S concentrations were about equal among the leaves. When S was present in excess, lower leaves and conductive tissues strongly accumulated S (table 3). A specific example of these relationships is further presented for banana in figure 2. A

TABLE 1 - Mean length of time required to produce one leaf in relation to SO₄ supply.
Durée moyenne nécessaire à la production d'une feuille selon la fourniture de SO₄.
Duración media necesaria para producir una hoja según el SO₄ suministrado

SO ₄ -S supplied - fourni - suministrado (ppm)	Mean interval of time between leaves (days) Intervalle moyen entre feuilles (jours) Intervalo medio entre hojas (días)	
	banana	plantain
	0.0	8.2
0.2	6.4	7.4
0.6	5.6	7.0
1.7	5.8	6.1
5.0	5.6	5.8
15.0	5.4	6.4
45.0	5.6	7.0
Mean - Moyenne - Promedio	6.1	6.7
Mean (excluding control and 0.2 ppm S treatment) (sans les traitements 0,0 et 0,2) (sin tratamientos 0,0 y 0,2).	5.6	6.5

TABLE 2 - Distribution of N in leaves in relation to the level of S supply.
Distribution de N dans les feuilles en fonction du niveau de fourniture de S
Distribución de N en las hojas según el nivel de suministro de S

Leaf Position	SO ₄ -S supply - apport - suministro *					
	Deficient		Adequate		Excess	
	banana	plantain	banana	plantain	banana	plantain
0	2.79	2.48	2.68	2.53	3.08	2.54
I	2.69	2.59	2.60	2.56	2.82	2.56
II	4.06	4.23	3.80	4.30	3.82	4.44
III	4.38	4.79	3.84	4.41	4.22	4.70
IV	3.39	3.78	2.81	3.46	3.06	3.60
V	3.66	3.89	2.74	3.26	3.20	3.54
	Mean - Moyenne - Promedio					
0 - I	2.74	2.54	2.64	2.55	2.95	2.55
II - V	3.87	4.17	3.30	3.86	3.58	4.07

* - Deficient : mean of - moyenne de - promedio de 0, 0.2, 0.6 ppm SO₄-S.

Adequate : mean of - moyenne de - promedio de 1.7, 5.0 ppm SO₄-S

Excess : mean of - moyenne de - promedio de 15, 45 ppm SO₄-S

similar distribution pattern has been reported for sugarcane (FOX, 1976). This pattern might be a useful supplementary diagnostic tool for adequacy of S supply.

THE INTERNAL S REQUIREMENT

Tissues other than the leaf laminae do not lend themselves well for detailed diagnosis of the S status of banana or

plantain. Figure 3 demonstrates, for example, that the composition of the petiole changes very little over the range of plant response from near zero growth to almost maximum growth attained. The mean is .035 % for banana and .041 % for plantain.

The leaf laminae make excellent diagnostic tissue as is indicated by figure 4. The curves indicate that for less than maximum growth, banana has a lower internal requirement

TABLE 3 - Distribution of S among various parts of leaf III.
Distribution de S entre diverses parties de la feuille III.
Distribución del S entre distintas partes de la hoja III

SO ₄ -S (ppm) solution	S (%)			
	Leaf blade midsection Section médiane du limbe Sección media del limbo	Midrib Nervure Nervio	Petiole Pétiole Pecíolo	Pseudostem Pseudo-tronc Seudo-tallo
	Banana			
0.0	.065	.051	.031	.020
0.2	.102	.036	.043	.035
0.6	.100	.041	.034	.025
0.7	.207	.051	.032	.039
5.0	.260	.078	.102	.077
15.0	.234	.090	.123	.068
Plantain				
0.0	.072	.059	.043	.034
0.2	.113	.054	.041	.027
0.6	.162	.069	.051	.049
1.7	.234	.049	.045	.051
5.0	.288	.103	.083	.067
15.0	.308	.117	.102	.052
45.0	.364	.154	.126	.102

TABLE 4 - A profile of sulfur in leaves of banana and plantain in relation to adequacy of SO₄-S supply
Profil du soufre dans les feuilles du bananier et du plantain en relation avec le degré d'adéquation de la fourniture de S.

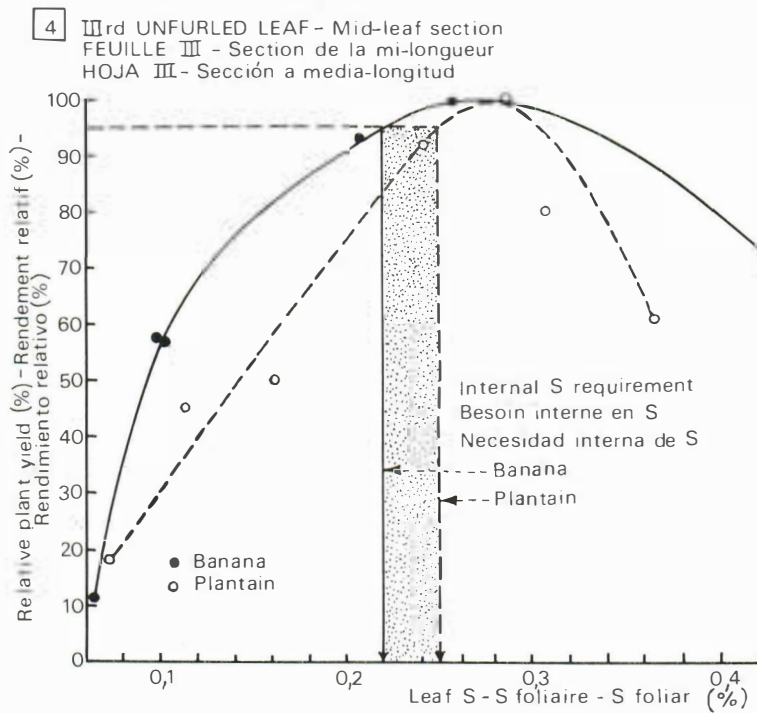
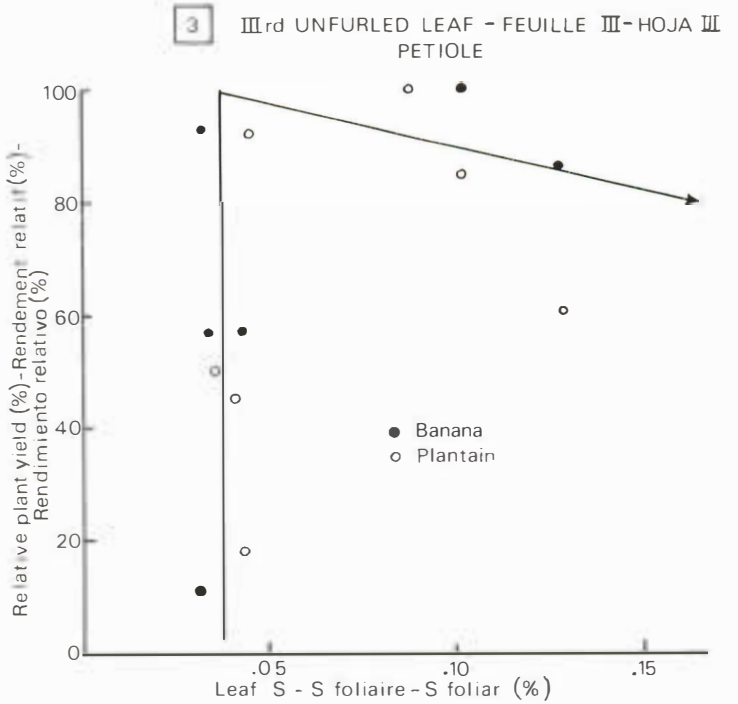
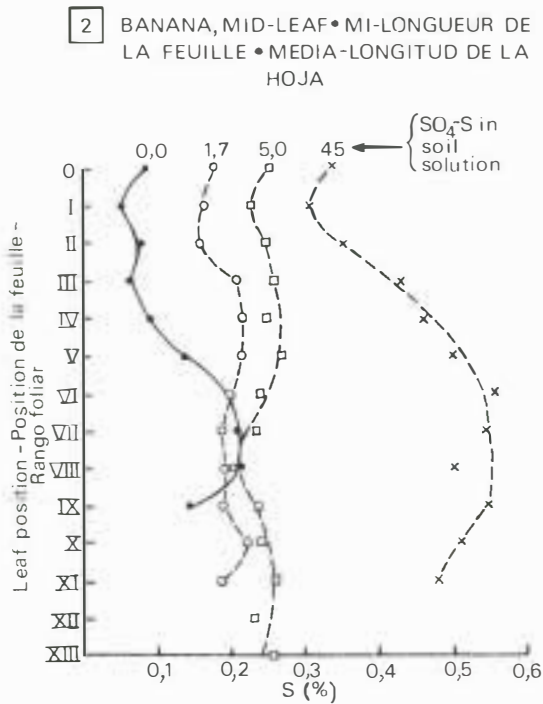
Perfil del azufre en las hojas del banano y del plátano en relación con la adecuación del suministro de S.

Leaf Position	Midsection of leaf blades - Section médiane des limbes - Sección media de los limbos *					
	SO ₄ **					
	Deficient		Adequate		Excess	
	banana	plantain	banana	plantain	banana	plantain
	% S	% S	% S	% S	% S	% S
0	.119	.109	.216	.219	.328	.218
I	.082	.079	.192	.214	.267	.242
II	.083	.100	.203	.242	.306	.318
III	.089	.122	.234	.266	.358	.336
IV	.109	.150	.238	.276	.378	.372
V	.142	.171	.240	.286	.388	.401
VI	.148	.191	.220	.290	.406	.400
VII	.178	.197	.241	.296	.402	.356
VIII	.191	.203	.198	.295	.375	.374
IX	.162	.183	.212	.283	.396	.330

** - Sample of leaf zero was entire unfurled leaf - Pour la feuille 0 : feuille entière déroulée

Para la hoja 0 : hoja entera desenvuelta.

** - see table 2 - voir tableau 2 - ver cuadro 2.



2 Distribution of S in the leaves of banana in relation to the concentration of SO₄-S maintained in the soil solution.- Distribution of S dans les feuilles de bananier en relation avec la concentration de SO₄-S maintenue dans la solution du sol.- Distribución del S en las hojas del banano en relación con la concentración de SO₄-S mantenida en la solución del suelo.

3 Relative growth of banana and plantain in relation to the S percentage of the petiole of leaf in position III.- Croissance relative du bananier et du plantain en relation avec le pourcentage de S du pétiole de la feuille en position III.- Crecimiento relativo del banano y del plátano en relación con el porcentaje del S en el pecíolo de la hoja en posición III.

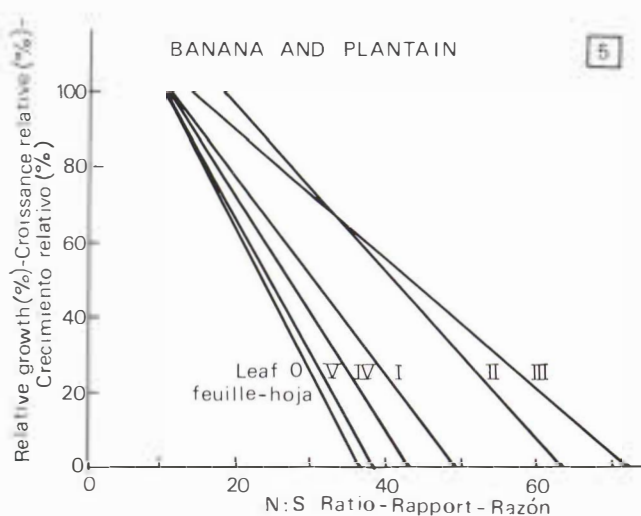
4 Relative growth of banana and plantain in relation to the percentage of S in the midleaf section of leaf in position III.- Croissance relative du bananier et du plantain en relation avec le pourcentage de S dans la section médiane du limbe de la feuille en position III.- Crecimiento relativo del banano y del plátano en relación con el porcentaje del S en la sección media del limbo de la hoja en posición III.

TABLE 5 - Predicted N/S values associated with no growth and maximum growth for banana and plantain leaves. (Values obtained when excess SO₄-S was applied are not included).

Valeurs N/S prédites, associées à l'absence de croissance et au maximum de croissance, pour les feuilles de bananier et de plantain. (Les valeurs obtenues avec apport excessif de SO₄-S ne sont pas incluses).

Valores predichos N/S, asociados a la ausencia de crecimiento y al crecimiento máximo, para hojas de banano y de plátano. (Los valores obtenidos con suministro excesivo de SO₄-S no estan incluidos).

Leaf position	N/S predicted		Correlation coefficient r
	no growth	maximum growth	
0	37	10.5	-0.94
I	50	11.1	-0.95
II	64	18.1	-0.93
III	73	13.6	-0.96
IV	44	10.7	-0.92
V	38	9.9	-0.80



5 Relationship between the growth of banana and plantain and the N:S ratio of various leaves. - Relations entre la croissance du bananier et du plantain et le rapport N:S de différentes feuilles. - Relaciones entre el crecimiento del banano y del plátano y la razón N:S de distintas hojas.

than plantain. For 95 % of maximum growth attained the requirement was about 0.22 % for banana and 0.25 % for plantain. For maximum growth attained the requirement was 0.27 % for both species. These are higher values than usually are quoted for banana, a probable explanation being that the digestion procedure used is about 25 % more efficient than most procedures formerly used (FOX, KANG and NANGJU, 1977). Assuming this to be the case, our values correspond to an internal requirement of about 0.2 % using dry combustion procedures or short term nitric-

perchloric acid digestion.

LEAF N AND THE N:S RATIO

The distribution of N in the upper leaves of banana and plantain as presented in table 2 shows notable differences between banana and plantain. In the pipe (leaf zero) and the first unfurled leaf the banana contained about 9 % more N than the plantain. Nitrogen build-up increased abruptly in leaf II and reached a maximum in leaf III. The build-up was always greater in the plantain than in the banana so that as a mean of leaves II through V the plantain contained 13 % more N than banana.

The nonuniform distribution of N and S led to some anomalies in the N:S ratios of the leaves (fig. 5). The N/S values for individual leaves were almost identical for banana and plantain. Regression curves were used to predict N:S ratios for maximum growth and zero growth. The relationship between relative growth and N/S ratios for SO₄-S treatments zero through 5 ppm was linear and very close (table 5). For leaf II a N:S ratio of 18.1 was associated with maximum yield attained but for leaves zero, I, IV and V the ratio was 10.6 and for leaf III the value was 13.6.

The high values associated with leaf II, and to a lesser degree with leaf III, seem to be associated with the relatively much greater mobility of N than of S. Conditions which provide borderline conditions of N nutrition will probably give an N:S ratio of leaves in position II and III nearer to the value 10.6 which seems to be a more consistent value.

BIBLIOGRAPHY

BLANCHAR (R.W.), REHM (G.) and CALDWELL (A.C.).

Sulfur in plant materials by digestion with nitric and perchloric acid.

Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 1965, 28, nº 1, p. 71-72.

BROMFIELD (A.R.).

The deposition of sulphur in the rainwater of northern Nigeria. *Tellus*, 1974, 26, nº 3, p. 408-411.

- FOX (R.L.).
Sulfur and nitrogen requirements of sugarcane.
Agron. J., 1976, 68, n° 6, p. 891-896.
- FOX (R.L.), MOORE (D.G.), WANG (J.M.), PLUCKNETT (D.L.) and FURR (R.D.).
Sulfur in soils, rainwater, and forage plants of Hawaii.
Hawaii Farm Science, 1965, vol. 14, n° 3, p. 9-12.
- FOX (R.L.), KANG (B.T.) and NANGJU (D.).
Sulfur requirements of cowpea and implications for production in the tropics.
Agron. J., 1977, vol. 69, n° 2, p. 201-205.
- FOX (R.L.), OKAZAKI (E.) and CHANG (A.).
Mineral nutrition of macadamia. I- External and internal nitrogen and sulphur requirements of seedlings.
Trop. Agric. (Trinidad), 1976, vol. 53, n° 3, p. 231-241.
- HASAN (S.M.), FOX (R.L.) and BOYD (C.C.).
Solubility and availability of sorbed sulfate in Hawaiian soils.
Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 1970, vol. 34, n° 6, p. 897-901.
- KANG (B.T.) and OSINAME (O.A.).
Sulfur response of Maize in western Nigeria.
Agron. J., 1976, vol. 68, n° 2, p. 333-336.
- MARCHAL (J.), MARTIN-PRÉVEL (P.) and MELIN (Ph.).
Le soufre et le bananier.
Fruits, 1972, vol. 27, n° 3, p. 167-177.
- MARTIN-PRÉVEL (P.).
Les méthodes d'échantillonnage pour l'analyse foliaire du bananier.
Fruits, 1974, vol. 29, n° 9, p. 583-588.
- MELIN (Ph.) and DJOMO (E.).
Importance économique de la banane plantain au Cameroun.
Fruits, 1972, vol. 27, n° 4, p. 251-254.
- MESSING (J.H.L.).
Indication of sulphur deficiency in Windward Islands soils.
Winban News, march 1970, p. 4-5.
- TABATABAI (M.A.).
Determination of sulfate in water samples.
Sulfur Institute Journal, 1974, 10, n° 2, p. 11-13.
- WARNER (R.M.), FOX (R.L.) and PRASOMSOOK (S.).
Nutritional guidelines for the 'Williams Hybrid' banana.
Hawaii Farm Science, 1974, vol. 22, n° 4, p. 4-6.

UNE ETUDE COMPARATIVE DE LA NUTRITION EN SOUFRE DU BANANIER ET DU PLANTAIN

La nutrition du bananier, importante culture commerciale, a beaucoup été étudiée mais surtout pour les éléments principaux : N, K, puis P. Celle du plantain, culture vivrière de grande consommation dans la zone tropicale humide (MELIN et coll., 1972), a été très peu abordée.

De nombreuses plantes manquent de soufre dans de vastes régions tropicales (KANG et coll., 1976), par suite des faibles teneurs des eaux de pluie et des faibles niveaux de S organique dans les sols (BROMFIELD, 1974 ; FOX et coll., 1965) ; ces derniers peuvent adsorber SO_4^{2-} sous forme inassimilable (HASAN et coll., 1970).

Sur bananier, des carences en S ont été déterminées aux îles du Vent (MESSING, 1970), au Cameroun (MARCHAL et coll., 1972), aux îles Hawaii (WARNER et coll., 1974).

Les désaccords sur le choix du meilleur tissu pour l'analyse foliaire du bananier, rendant les transferts de données impossibles, ont conduit MARTIN-PRÉVEL (1974) à proposer un agrément sur une méthode internationale de référence. Le présent travail a été réalisé en vue du Séminaire réuni à cet effet aux îles Canaries.

Les auteurs ont cherché les tissus corrélant le mieux croissance et teneur en S, de la carence sévère à l'excès. Estimant que la maîtrise de la nutrition de la plante nécessite de connaître la fourniture des éléments dans le sol, ils ont travaillé par contrôle du taux de SO_4^{2-} dans la solution du sol.

TECHNIQUES DE CULTURE EN POTS

On a utilisé l'horizon supérieur d'un limon sableux de

UN ESTUDIO COMPARATIVO DE LA NUTRICIÓN DEL AZUFRE EN EL BANANO Y EN EL PLÁTANO

La nutrición del banano, importante cultivo comercial, se ha estudiado mucho, sobre todo para los elementos principales : N, K y P. No así la del plátano, cultivo de subsistencia de gran consumo en la zona tropical húmeda (MELIN y col., 1972), que ha sido poco estudiado.

Numerosas plantas son deficitarias en azufre en las vastas regiones tropicales (KANG y col., 1972), debido a los bajos contenidos de este elemento en las aguas de lluvia y a los bajos niveles de S orgánico de los suelos (BROMFIELD, 1974 ; FOX y col., 1965) ; estos últimos pueden fijar SO_4^{2-} bajo forma no asimilable (HASAN y col., 1970).

En el plátano, se han encontrado carencias de S en las Islas de Barlovento (MESSING, 1970), en el Camerún (MARCHAL y col., 1972), y en las Islas Hawaii (WARNER y col., 1974).

Las diferencias en la elección del mejor tejido para el análisis foliar del banano, que hacen imposible el intercambio de datos, condujeron a MARTIN-PRÉVEL (1974) a proponer un consenso sobre un método internacional de referencia. El presente trabajo ha sido realizado con vistas al Seminario reunido para este efecto en las Islas Canarias.

Los autores han investigado los tejidos que mejor correlacionan el crecimiento con el contenido en S, desde la carencia severa hasta el exceso. Estimando que para dominar la nutrición de la planta es necesario conocer la provisión de elementos en el suelo, han controlado el nivel de SO_4^{2-} en la solución del suelo.

savane (Ustipsamment d'après la classification USA). L'analyse est donnée dans le texte anglais. K et P ont été apportés de manière à obtenir respectivement 0,5 meq/100 g, et 0,2 ppm dans la solution du sol.

L'eau du fond des pots était drainée par deux mèches de laine de nylon-verre de 43 cm, créant une tension afin d'éviter la saturation. La composition de la solution d'arrosage est donnée dans le texte anglais.

Le rejet planté dans chaque pot était paré et traité (efficacité vérifiée) contre les nématodes. Deux répétitions. Comparaison entre bananier 'Gros Michel' et plantain 'Agbagba', du groupe 'Corne'.

A 70 jours, on a analysé la gaine, le pétiole, la nervure centrale, une bande de limbe égale au 1/10e de la longueur et prélevée à l'endroit le plus large, et le reste du limbe, sur chaque feuille.

ANALYSES VEGETALES

Après minéralisation nitroperchlorique spéciale (réf. dans le texte anglais), on a déterminé S d'après TABATABAI (1974), P, et les cations. Microdigestion et distillation pour N.

Un exemple de composition de la feuille III est donné dans le texte anglais.

ASPECT ET CROISSANCE DES PLANTES

La rapidité d'apparition des symptômes en l'absence de S confirme l'immobilité de cet élément dans les plantes et le besoin du bananier d'en recevoir une fourniture continue. Chez les deux variétés, la feuille émergente est jaune (presque blanche en carence accentuée), mince, fragile ; puis elle verdit plus ou moins lentement selon le degré de carence.

RELATIONS ENTRE FOURNITURE DE SULFATE ET CROISSANCE

Les symptômes s'accompagnent d'une réduction de croissance, mais il faut une carence accusée pour ralentir le rythme d'émissions chez le bananier, alors que les émissions les plus rapprochées du plantain (au rythme plus lent) correspondent à 5 ppm de S dans la solution du sol (tableau I).

La courbe de réponse en poids est presque identique pour les deux types (figure 1) avec optimum pour 5 ppm de S et 95 p. 100 de l'optimum pour 2 ppm, comme chez d'autres plantes d'après l'auteur et coll. (réf. dans le texte anglais).

Au delà de 5 ppm il y a nettement excès, mais on ne peut

TÉCNICAS DE CULTIVO EN POTES

Se utilizó el horizonte superior de un suelo limo-arcilloso de sabana (Ustipsamment, según la clasificación USA). Los resultados del análisis se muestran en el texto inglés. Se suministraron K y P para poder obtener, respectivamente, 0,5 meq/100 g, y 0,2 ppm en la solución del suelo.

El agua del fondo de los potes era drenada por dos mechas de lana de vidrio-nylon de 43 cm, que crean una tensión a fin de evitar la saturación. La composición de la solución de riego se da en el texto inglés.

El hijo plantado en cada pote fué preparado y tratado (comprobando su eficacia) contra los nemátodos. Se hicieron dos repeticiones, y se compararon bananos 'Gros Michel' y plátanos 'Agbagba', del grupo 'Cuerno'.

Al cabo de 70 días se analizaron la vaina, el pecíolo, el nervio central, una banda de limbo igual a 1/10 de la longitud, tomada de la zona más ancha, y el resto del limbo, de cada hoja.

ANÁLISIS VEGETAL

Después de una mineralización nitroperclórica especial (referencia en el texto inglés), se ha determinado el S según TABATABAI (1974), P, y los cationes. Microdigestión y destilación para el N.

Un ejemplo de composición de la hoja III se da en el texto inglés.

ASPECTO Y CRECIMIENTO DE LAS PLANTAS

La rapidez de aparición de los síntomas en ausencia de S confirma la inmovilidad de este elemento en las plantas y la necesidad del banano de recibir una provisión continua de este. En las dos variedades, la hoja emergente es amarilla (casi blanca cuando la carencia es acentuada), delgada y frágil ; después, reverdece más • menos lentamente según el grado de carencia.

RELACIONES ENTRE EL APROVISIONAMIENTO DE SULFATO Y EL CRECIMIENTO

Los síntomas se acompañan de una reducción de crecimiento, pero es necesaria una carencia acusada para disminuir el ritmo de emisión en el banano, mientras que en el plátano (al ritmo más lento) las emisiones más cotejadas corresponden a 5 ppm de S en la solución del suelo (tabla I).

La curva de respuesta en peso es casi idéntica para los dos tipos (figura 1), con un óptimo para 5 ppm de S y 95 % del óptimo para 2 ppm, como en otras plantas según el

dire s'il se relie à un déséquilibre N/S. Avec S à l'optimum, la feuille III contient 3,84 p. 100 de N (bananier) ou 4,41 p. 100 (plantain) ; ces valeurs sont assez élevées d'après des données obtenues aux Hawaii sur 'Giant Cavendish', en conditions où S pourrait être inadéquat. Cause ou effet de la réduction de croissance, le taux d'azote foliaire augmente quand S est excessif (tableau 2).

REPARTITION DE S DANS LE BANANIER ET LE PLANTAIN

Les taux décroissent du limbe aux autres parties de la feuille (tableau 3). S est peu mobile : les basses feuilles le conservent en cas de déficience, tandis que celle-ci affecte les jeunes feuilles (tableau 4). Mais, comme chez la canne à sucre (FOX, 1976), l'excès se manifeste dans les feuilles âgées et les organes conducteurs (tableau 4 et figure 2).

LE BESOIN INTERNE EN S

Dans toute la zone des réponses positives, son taux dans le pétiole est presque invariable (0,035 p. 100 chez le bananier, 0,041 p. 100 chez le plantain) : figure 3. Seul le limbe convient, excellemment, à la diagnose de S : figure 4. L'optimum dans la bande médiane de la feuille III est le même pour les deux variétés (0,27 p. 100), mais le besoin interne pour obtenir 95 p. 100 du maximum de croissance est plus élevé chez le plantain (0,25 p. 100, contre 0,22 p. 100 chez le bananier). Ces valeurs sont supérieures aux données bibliographiques, peut-être à cause d'une technique de minéralisation plus efficace (FOX et coll., 1977).

N FOLIAIRE ET RAPPORT N/S

Le bananier est plus riche en N que le plantain dans les feuilles 0 et I, moins riche dans les feuilles II à V (tableau 2).

Le rapport N/S varie beaucoup de feuille à feuille (figure 5) mais est presque identique chez les deux types. Entre 0 et 5 ppm de S, la croissance relative lui est liée par une régression linéaire très serrée, avec un maximum correspondant à des valeurs plus élevées dans la feuille II puis dans la feuille III (figure 5). Cela résulte peut-être de la plus grande mobilité de N ; en conditions de nutrition azotée plus marginales on obtiendrait sans doute des valeurs plus proches de 10,6 (moyenne des f. 0, I, IV, V), chiffre plus cohérent.

autor y colaboradores (referencias en el texto inglés).

Por encima de 5 ppm hay exceso claramente, pero no se puede decir si está ligado a un desequilibrio N/S. Con el óptimo de S, la hoja III contiene 3,84 % de N (banano) o 4,41 % (plátano) ; estos valores son bastante elevados respecto a los datos obtenidos en Hawaii en la 'Giant Cavendish', en condiciones en que el S podría ser inadecuado. Causa o efecto de la reducción de crecimiento, el nivel de nitrógeno foliar aumenta cuando el S es excesivo (tabla 2).

DISTRIBUCIÓN DEL S EN EL BANANO Y EL PLÁTANO

Los niveles decrecen del limbo a las otras partes de la hoja (tabla 3). El S es poco móvil : las hojas basales lo conservan en caso de deficiencia, mientras que esta afecta a las hojas jóvenes (tabla 4). Pero, como en la caña de azúcar (FOX, 1976), el exceso se manifiesta en las hojas viejas y en los órganos conductores (tabla 4 y figura 2).

NECESIDADES INTERNAS DE S

En toda la zona de respuestas positivas, su nivel en el peciolo es casi invariable (0,035 % en el banano ; 0,041 % en el plátano) : figura 3. Solo el limbo es adecuado para el diagnóstico de S : figura 4. El óptimo en la banda mediana de la hoja III es el mismo para las dos variedades (0,27 %), pero la necesidad interna para obtener el 95 % del máximo de crecimiento es más elevada en el plátano (0,25 % contra 0,22 % en el banano). Estos valores son superiores a los datos bibliográficos, lo que puede deberse a una técnica de mineralización más eficaz (FOX y col., 1977).

N FOLIAR Y RAZÓN N/S

Las hojas 0 y I del banano son más ricas en N que las correspondientes del plátano, y menos ricas las hojas II a V (tabla 2).

La razón N/S varía mucho de hoja a hoja (figura 5) pero es casi idéntica en los dos tipos. Entre 0 y 5 ppm de S, el crecimiento relativo está ligado por una regresión lineal muy estrecha, con un máximo correspondiente a los valores más elevados de la hoja II seguidos de los de la hoja III (figura 5). Esto puede deberse a la mayor movilidad de N ; en condiciones de nutrición nitrogenada más marginales, se obtendría, sin duda, valores más próximos a 10,6 (media de las hojas 0, I, IV y V), cifra más coherente.

