

The determination of the nutritional status of 'dwarf cavendish' bananas in South Africa.

W. LANGENEGGER et S.F. DU PLESSIS*

LA DETERMINACIÓN DEL ESTADO NUTRICIONAL DEL PLÁTANO 'ENANA' EN AFRICA DEL SUR.

LA DETERMINATION DE L'ETAT NUTRITIONNEL DU BANANIER 'PETITE NAINÉ' EN AFRIQUE DU SUD

W. LANGENEGGER et S.F. DU PLESSIS

Fruits, dec. 1977, vol. 32, n°12, p. 711-724.

RESUME - On a réalisé une étude en vue de déterminer le tissu du bananier le plus convenable pour l'échantillonnage aux fins de diagnostic. Différents échantillons ont été analysés, dans des essais d'engrais et des enquêtes sur plantations commerciales. Les deux échantillons les plus prometteurs ont été un segment de la nervure centrale et le limbe correspondant (2/3 internes), prélevés sur la troisième plus jeune feuille (= feuille en position III), après la floraison, à un stade où deux mains hermaphrodites sont visibles. L'échantillon de nervure s'est montré légèrement supérieur à celui du limbe, en raison d'une meilleure valeur indicative sur l'état de nutrition en N et K dans les cas où des réponses à la fertilisation étaient obtenues sur les rendements. Le segment à prélever sur la nervure et le stade de développement de la fleur au moment de l'échantillonnage ont une importance critique : ils doivent donc être bien définis. Des normes d'optimum à l'essai sont présentées pour cet échantillon.

As an introduction it would be necessary to give a short review of the South African banana industry. At present only 'Dwarf Cavendish' is being grown although small plantings of 'Williams' have been made recently. The total area planted with bananas is approximately 7 000 ha which yields about 75 000 tons marketable fruit annually. The province of Transvaal produces about 90 percent of this tonnage.

The climate of the banana producing areas is subtropical with cool, dry winters and warm, rainy summers. The annual rainfall is in the vicinity of 1 000 mm and falls mainly as thunder showers during the months October to April.

The soil is ferrallitic of granitic or doloritic origin, and has a loamy clay to clayey texture.

As it is felt that the results of fertilizer experiments as regards levels of fertilization have very limited application in practice, due to large variations in soil, climate and cultural practices, research has been concentrated to a large

extent on leaf analysis. This technique supplemented by soil analysis is regarded as the only method of determining the nutritional status of a particular planting. With this date it would then be possible to recommend a reasonable accurate fertilization program.

* - Citrus and Subtropical Fruit Research Institute, Nelspruit, Republic of South Africa.

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

When research on the nutritional requirements of the banana was started in 1958, the sampling method used by D.E. BOLAND of Jamaica was adopted. The sample, a

strip of the lamina of the leaf III, was sampled at different stages of growth. We selected the advanced flower differentiation stage. Unfortunately, despite large reactions of N and K on yield, the leaf analysis results were not very promising. The seasonal variation was much larger than the response to fertilization. At that stage it was also decided to sample a small (20 cm) sucker. This sample gave extremely good response to fertilization but unfortunately the seasonal variation was again larger. These disappointing results forced us to start from scratch.

It was then decided to accept two basic principles of leaf analysis, namely to sample only when the plants are growing active and at a particular and clearly defined physiological stage in the development of the plant. In our subtropical climate the plants are extremely active and healthy during February - March when it is hot and humid. For the stage of development an advanced stage of flowering was selected.

For a sample to be suitable for diagnostic and fertilizer advisory purposes the following requirements were laid down :

REQUIREMENTS OF A PLANT SAMPLE FOR DIAGNOSTIC PURPOSES

1. **SAMPLING** : *The sample should be easy to identify and no problems should be encountered when taking, handling, transporting, or preparing the sample.*
2. **CONSISTENT** : *Under similar conditions the concentrations of nutrients in the sample should not vary much from year to year.*
3. **RESPONSE** : *Nutrient concentrations should respond to changes in fertilization and/or soil nutrient content.*
4. **YIELD** : *Changes in concentration of the important nutrients in the sample should correlate with changes in yield.*

As from 1969 much research has been done to find a sample which would satisfy these requirements. Since then a total of 4 500 plant samples have been analysed for the 10 basic elements, N, P, K, Ca, Mg, Zn, Cu, Mn, Fe and B. These analyses were done on samples selected from different fertilizer experiments and leaf analysis surveys. These projects were :

1. NPK EXPERIMENT ALKMAAR - 1959-1964 3³ FACTORIAL EXP.

This was the first experiment mentioned earlier which was started in 1959. It was a NPK-3³ factorial design with

10 plants per plot and 2 replications. This experiment was terminated in 1964 when the plants were badly damaged by frost.

2.1st SURVEY - 1969 TO 1971 - STARTED WITH 24 PLOTS - ALL BUNCHES WEIGHED

In 1969 a leaf analysis survey was undertaken. In this project 24 plots, consisting of approximately 360 mats each, were selected in commercial plantations. The following records were taken : Previous fertilization, spacing, stems per mat, all flowers emerged were labeled monthly and mass of bunch determined at harvesting. Representative soil samples as well as 9 different plant samples were taken and analysed. The plant samples were taken annually for 3 years. Correlation and regression analyses were done on the data obtained.

3.2nd SURVEY - 1972 - USED 59 PLOTS (33 IN TRANSVAAL AND 26 IN NATAL) BUNCHES OF ± 15 PLANTS SAMPLED PER PLOT WHERE WEIGHED

As many bunches were not weighed in the first survey and the yield data not considered as very accurate, a new technique was used in a more extensive survey in 1972. In this project 59 plots were used and the potential yield determined by labeling only the 15 bunches of the plants sampled at random, and determining the mass at harvesting. This was regarded as a good indication of the yield potential of each planting.

4. NPK EXPERIMENT BURGERSHALL - 1971 TO 1973 - 3³ FACTORIAL EXPERIMENT «A».

In 1970 a more extensive NPK-3³ factorial design-experiment, with 2 replicates and 36 plants per plot, was laid out. Various samples were also taken annually from this trial. Unfortunately, due to large reserves of P and K in the soil, only a response to N was obtained for yield.

5. NPK EXPERIMENT MINNAAR - 1972 TO 1973 - 3³ FACTORIAL EXP. «B».

During 1973 a small 3³ NPK experiment was laid out on a virgin soil to try and obtain a response with P and K. Unfortunately the effect of applications of these elements were so pronounced that the untreated plants did not grow satisfactorily. The analyses values under these conditions are, however, quite interesting.

6. FERTILIZER EXPERIMENT LEVUBU - 1973 TO 1975 - COMPARISON OF VARIOUS FERTILIZER TREATMENTS.

In this last project various fertilizer treatments were compared in a randomized block design. Leaf analysis was also done annually.

In the first leaf analysis survey, in itial sampling was done as follows :

Parts of plant sampled

(a) At flowering (2 hermaphrodite hands opened)

- (1) plant sap - taken from male bud
- (2) male bud - horizontal slice through centre
- (3) bract
- (4) small sucker
- (5) petiole - leaf III
- (6) lamina - leaf I - 1/3 rd from base - inside 2/3 ±15 cm strip
- (7) lamina - leaf III - 1/3 rd from base - inside 2/3 ±15 cm strip
- (8) midrib - leaf III - section which corresponds to lamina section

(b) Fully developed bunch.

- (9) lamina - leaf I - same as (6) and (7).

As mentioned earlier the samples had to comply with the four basic requirements. The following samples were discarded as they failed to satisfy one or more of the requirements.

Suitability of various samples tested

sample	sampling	reproduce-ability	response	yield
(1) plant sap	x			
(2) male bud	x			
(3) lamina leaf I (harvest)	x			
(4) petiole leaf III				
(5) bract	x			
(6) small sucker		x		
(7) lamina leaf I			x	x
(8) lamina leaf III				
(9) midrib leaf III				

1. The plant sap is difficult to handle and to analyse. Furthermore it was found to contain no Ca and Mn.
2. The male bud is a very messy sample and problems were encountered with the digestion of this material. The male bud is also often removed in the plantation and thus not always available for sampling.

3. Difficulties were encountered when sampling the leaf I at harvesting as under our conditions this leaf is very tattered, torn and senescent at this stage.
4. The petiole of the leaf III gave reasonable results but in comparison with the corresponding midrib, the correlations were not as good. It was therefore discarded in favour of the midrib.
5. The composition of the bract correlated favourably with the yield but unfortunately there was no relationship with the soil analysis or fertilizer applications. This indicates that the composition could not be changed to improve yields. The bract is also often dried out or malformed as was shown in the slide.
6. The small sucker again gave a good response and correlated with yield but the results are not reproduceable as they vary considerably from year to year. Small suckers are also not always available at the time of sampling as they are regularly removed.
7. The lamina of the leaf I at flowering varied considerably from season to season and no significant regression on yield was found.

RESULTS

The lamina and corresponding portion of midrib of the leaf III gave the most promising results as they both comply more or less to the desired requirements. These results will now be discussed in more detail under the three headings viz. Reproduceability (Seasonal variation), Response, and Correlation with yield.

A. Reproduceability

See seasonal variations in table 1.

For the surveys, where the standard deviation from the mean for 4 yrs was determined, for both midrib and lamina, the variations are reasonable-except for the P content of the midrib. The variation for N in the midrib is extremely low.

In the NPK experiment the variation in the composition of the midrib was very high, and that for the lamina slightly better. The reason for this is the high N and K content for a young planting and furthermore the plants in this experiment flowered late in some years (1972 and 1973) due to cool seasons. The samples were taken as late as April and this could have had an effect.

In the Levubu experiment the variation was found reasonably high with a especially high value for N in the first sampling.

In table 2 the large variations of the lamina sample taken at an advanced stage of flower differentiation, from our

TABLE 1 - Seasonal variation of macro-element concentration

Variation saisonnière des teneurs en éléments majeurs.

Variación estacional de los contenidos de macro-elementos.

a) Survey - Enquête - Encuesta

Sample		Macro-elements (%)				
		N	P	K	Ca	Mg
Midrib nervure nervio	4 yr. mean moyenne 4 ans promedia 4 años	0,78	0,113	4,14	1,38	0,52
	max. variation %	2,6	18,6	11,1	12,3	5,8
	4 yr. mean	3,01	0,189	3,58	1,05	0,47
Lamina limbe limbo	max. variation %	7,3	11,6	10,3	11,4	4,3

b) Experiment A (optimum treatment) - Essai A (traitement optimum)

Ensayo A (tratamiento optimo)

Midrib nervure nervio	1971	1,01	0,09	5,21	1,78	0,37
	1972	0,62	0,12	3,01	1,16	0,41
	1973	0,71	0,12	3,14	1,40	0,46
	1974	0,64	0,12	3,21	1,34	0,50
	max. variation * %	(15)	33	73	53	35
Lamina limbe limbo	1971	3,04	0,18	4,21	1,45	0,43
	1972	2,82	0,21	3,38	1,02	0,44
	1973	2,98	0,19	3,48	1,21	0,49
	max. variation %	8	17	25	42	14

() indicate max. variation excluding plantcrop analysis

indique la variation maximale en excluant l'analyse du premier cycle

indica la variación maxima excluyendo el análisis del 1er ciclo

TABLE 2 - Seasonal variation - Lamina - Alkmaar Exp. (\pm flower differentiation)Variation saisonnière - limbe - Essai d'Alkmaar (\pm différenciation florale)Variación estacional - limbo - Ensayo de Alkmaar (\pm diferenciación floral)

	% N			% K		
	1962	1963	1964	1962	1963	1964
N ₀	3,65	3,03	2,73	K ₀	1,95	2,38
OPT. N ₁	3,72	3,22	2,93	K ₁	2,00	2,62
N ₂	3,80	3,19	3,14	K ₂	1,98	2,60

initial experiment, is illustrated. Compare results of 1962 and 1964 for N and 1962 and 1963 for K. The N has a decreasing and the K a quadratic tendency.

As regards reproduceability, the lamina is slightly better than the midrib. Although if the analyses of the 1st season are considered separately, there is not a very large difference except for P.

B. Response to soil content and fertilization.

In the leaf analysis surveys, simple correlations coefficients were calculated for soil content against composition of midrib and lamina : table 3.

The results indicate that for P and K, the midrib responded better than the lamina while there was not much diffe-

TABLE 3 - Effect of soil factors of plant composition. (simple correlations - 1st and 2nd survey).
 Effet des caractéristiques du sol sur la composition de la plante. (corrélations simples - 1ère et 2ème enquêtes)
 Efecto de los factores del suelo sobre la composición de la planta (correlaciones sencillas - la y 2a encuestas)

Soil P vs plant P		1969	1970	1971	1972
M.		0,48*	0,46*	N.S.	0,71**
L.		N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
Soil K vs plant K					
M.		0,49*	0,65**	0,55**	0,40**
L.		N.S.	N.S.	0,46**	0,46**
Soil Ca vs plant Ca					
M.		N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
L.		N.S.	0,46*	N.S.	N.S.
Soil Mg vs plant Mg					
M.		N.S.	N.S.	0,36*	0,37*
L.		N.S.	0,54*	0,44**	N.S.
Sign.	P (0,05)	0,43	0,43	0,29	0,31
	P (0,01)	0,55	0,55	0,37	0,40

M. : midrib, nervure, nervio

L. : lamina, limbe, limbo.

rence for Mg. In the case of Ca the correlations were poor - although slightly better for the lamina.

In a regression analysis the factors influencing the composition of the samples, the regression was not significant for the lamina. For the midrib the results were variable : table 4.

The Nitrogen content of the midrib was influenced by the number of stems per mat (-), Soil pH (-) and Soil Mg (+). These three factors were responsible for 85% of the variation in nitrogen content of the midrib. During 1970, however, this regression was not significant.

Quite a few factors influenced the P content of the midrib of which P applied was significant in both years.

For K the regression was significant only in 1970, and the effect of Soil K was quite large.

The 1972 survey results were analysed by means of a stepwise multiple regression analysis. Only the Transvaal results are considered as the Natal bananas are not irrigated in most cases and Transvaal in any case produces 90% of the total banana crop.

The regressions for N and K of both the midrib and lamina were significant, although not very much so as shown by table 5. In both cases the soil pH (-) had the largest effect on N and soil K the largest effect on plant K. The applied K also had an effect especially in the case of the midrib. The regression coefficients, however, do not differ much between these two samples.

The response to fertilization was investigated in the fertilizer experiments. In the Burgershall experiment («A») unfortunately only a N response on yield was obtained : see table 6.

The N₁ level gave the highest yields and could be considered as the optimum application. With the midrib the % N was significantly higher at the N₁ than N₀ level in 3 out of 4 years and with the lamina in 2 out of 3 years. In the significant years the % response to N was about double in the midrib in comparison to the lamina. The coefficients of variation, however, were slightly lower with the lamina.

Although no response of K on yield was obtained, luxury consumption of K should be determinable. In this respect the midrib was much better than the lamina.

In the Minnaar experiment («B») where it was mentioned that P and K were applied too late and where the P response predominated the other effects, P significantly increased yields (table 7).

This response, however, does not coincide with a significant response in plant P, due to high coefficients of variation. The extremely low P values prove the overruling effect of P which was applied only after the growth was impeded and the plants therefore never recovered completely (the P was applied as a topdressing).

The K response was rather marked in the midrib analysis and quite small in the lamina (midrib 3 X larger).

Considering all the results of the response of soil

TABLE 4 - Factors influencing the composition of the midrib (1969 and 1970 survey results)
 Facteurs influençant la composition de la nervure (résultats des enquêtes 1969 et 1970)
 Factores influyendo la composición del nervio (resultados de las encuestas 1969 y 1970).

Element	factors	1969	1970
N	stems/mat	(-) ***	N.S.
	tiges par touffe - tallos por plantón		
	soil pH	(-) ***	N.S.
	soil Mg	(+) ***	N.S.
	R ²	85 % **	N.S.
P	soil pH	(-) ***	N.S.
	% sand - sable - arena	(-) ***	N.S.
	soil K	(+) ***	N.S.
	soil Mg	(+) ***	N.S.
	soil C.E.C.	(-) ***	N.S.
	P appl.	(+) *	(+) **
	K appl.	(-) ***	N.S.
	R ²	87 % **	80 % *
K	soil K	N.S.	(+) ***
	soil Ca	N.S.	(+) **
	soil C.E.C.	N.S.	(-) ***
	% sand - sable - arena	N.S.	(-) **
	R ²	N.S.	87 % **
Ca	stems/mat		
	tiges par touffe - tallos por plantón	N.S.	(+) **
	soil K	N.S.	(-) **
	P appl.	N.S.	(+) **
	R ²	N.S.	83 % *

* - significant at 10 % level ** - significant at 5 % level *** - significant at 1 % level

factors and fertilization on plant composition, there is no doubt that the midrib is superior to the lamina.

C. Effect on Yield.

A multiple regression analysis of the results of the first leaf analysis survey, indicates only the midrib to be significant (table 9). Although the 3 soil factors affected yield, the midrib N had a positive correlation with yield in 2 out of 3 years. The regression however, was only significant in 1970 and 1971.

The stepwise multiple regression analysis done on the results of the 2nd survey indicates a reasonable regression coefficient for the midrib sample, and a smaller one for the lamina sample (table 8). The most important plant components were Mg (-) 21,5 %, N (-) 7,6 %, P (-) 5,8 %, Cu (+) 4,2 %, Mn (+) 3,6 %, and Zn (+) 2,8 % with a multiple regression coefficient of 72,7 %.

With the lamina only K (+) 27,4 %, Cu (+) 8,5 % and N (-) 5,4 % contributed to the variation in yield.

The effects of the plant composition on yield was not

very pronounced. It must, however, be mentioned that in South Africa during the period when these surveys were undertaken, most of the farmers were inclined to overfertilize. This could explain the negative effect of N in the 2nd survey. In the first survey the effect of N was (+), but here a large number of poorly fertilized plots on sandy soils were also included.

The results, however, show the midrib to be a superior sample to the lamina as regards the effect of plant composition on yield, although the response is not as good as one would wish it to be. This could however, be the result of the sample used.

CONCLUSIONS

Summarising these results it is quite clear that the midrib is the best sample to use of those tested in this study. It has certain disadvantages in that the seasonal variation could be rather large. If the norms for N and perhaps K for the first season are considered separately,

TABLE 5 - Factors influencing plant N - and K - content (Stepwise multiple regression analysis 1972 Transvaal survey, 33 cases).

Facteurs influençant les teneurs de la plante en N et K (analyse en régression multiple pas à pas, enquête Transvaal 1972, 33 cas).

Factores influyendo los contenidos de N y K en la planta (análisis en regresión múltiple por pasos, encuesta Transvaal 1972, 33 casos).

a) Midrib - nervure - nervio.

N-Content - Teneur en N - Contenido de N			K-Content - Teneur en K - Contenido de K		
factors facteurs factores	effect effet efecto	increase in R ² augmentation de R ² aumentación de R ²	factors facteurs factores	effect effet efecto	increase in R ² augmentation de R ² aumentación de R ²
soil pH	(-)	23,6 %	soil K	(+)	26,1 %
soil K	(+)	19,5	K appl.	(+)	11,1
C.E.C.	(+)	3,0	soil Ca	(-)	5,9
K appl.	(+)	3,5	soil P	(+)	1,7
soil P	(+)	1,4	soil pH	(-)	1,8
soil Al	(+)	1,2	N appl.	(-)	1,6
	R	0,7222		R	0,6936
	R ²	52,2 %		R ²	48,1 %
b) Lamina - limbe - limbo.					
soil pH	(-)	20,2 %	soil K	(+)	12,6 %
soil K	(+)	6,7	soil Ca	(-)	14,0
N appl.	(+)	6,4	soil pH	(+)	5,2
K appl.	(-)	3,2	K. appl.	(+)	4,3
P appl.	(+)	2,2	N appl.	(-)	4,4
soil Mg	(-)	3,0	soil P	(+)	2,7
soil P	(-)	2,2			
	R	0,6623		R	0,6579
	R ²	43,9		R ²	43,3

(-) negative contribution - contribution négative - contribución negativa

(+) positive contribution - contribution positive - contribución positiva

appl. : applied - appliqué - aplicado

this variation is reduced considerably. The coefficients of variation for the midrib composition also tends to be high, but fortunately this is counteracted by the large response to soil composition and fertilization.

These results made us select the midrib sample in a leaf analysis service which is at present being undertaken for banana producers on an experimental basis. In 1974 a total of 250, and in 1975 360 samples were analysed for farmers. The indications are that the midrib could be used with success to determine the nutritional status of a plantation and to adjust fertilization accordingly. A soil analysis, however, should form an integral part of this service. For P, the recommendations are mainly based on the soil analysis, and for K the midrib K and Soil K are both considered.

To refine the sampling technique, a few preliminary

investigation were undertaken.

By analysing different portions of the midrib separately it was found that the part to be sampled is quite critical (table 10). For N and K it should rather be taken closer to the base than further towards the tip.

The effect of the stage of flower development on midrib composition was also investigated (table 11).

From this table it is quite clear that for the norms used, sampling should only be done at the prescribed stage of development. Norms could most probably also be determined for other stages.

The variation in analyses between individual plants is not very large for N, reasonable for K but for P it is exceptionally high (table 12).

TABLE 6 - Effect of fertilization on plant composition, NPK experiment «A»
 Effet de la fertilisation sur la composition foliaire - essai NPK «A»
 Efecto de la fertilización sobre la composición de la planta - ensayo NPK «A»

Treatment	midrib - nervure - nervio				lamina - limbe - limbo		
	1971	1972	1973	1974	1971	1972	1973
N ₀	0,91 (a)	0,61	0,60 (a)	0,57 (a)	2,88 (a)	2,84 (ab)	2,73 (a)
N ₁	1,01 (b)	0,62	0,71 (b)	0,64 (b)	3,04 (b)	2,82 (b)	2,98 (b)
N ₂	1,06 (b)	0,62	0,76 (c)	0,68 (c)	3,08 (b)	2,90 (ac)	3,01 (b)
sign.	**	N.S.	**	**	**	*	**
C. V. %	10	5,7	7,7	6,7	3,1	3,2	3,5
K ₀	5,17	2,74 (a)	2,97 (a)	2,92 (a)	4,21	3,38	3,48
K ₁	5,21	3,01 (b)	3,14 (a)	3,21 (b)	4,22	3,35	3,63
K ₂	5,34	3,01 (b)	3,43 (b)	3,39 (b)	4,21	3,33	3,66
sign.	N.S.	*	**	**	N.S.	N.S.	N.S.
C. V. %	11,4	9,8	12,5	12,1	8,9	5,5	7,4

NS - No significant difference between treatments

Pas de différence significative entre traitements

No diferencia significativa entre tratamientos

* - significant at the 5 % level (P 0,05) - significatif au niveau 5 % (P : 0,05)

significativo al nivel 5 % (P : 0,05)

** - significant at the 1 % level (P 0,01) - significatif au niveau 1 % (P : 0,01)

significativo al nivel 1 % (P 0,01)

C. V. - coefficient of variation (1 %)

corresponding letters in brackets indicate no sign. diff. between treatments

des lettres entre parenthèses identiques indiquent que les traitements correspondants ne diffèrent pas significativement

letras idénticas entre parentesis indican que los tratamientos correspondientes no difieren significativamente

By analysing a large number of plants separately and analysing the result statistically to determine the number of plants to be sampled as a composite sample to give a variation of less than 10 % within a probability of 95 %, it is clear that for N and K about 10 to 12 plants should be sufficient. In the case of P the variation practically prohibits plant P to be used. Incidentally this is also found with leaf analysis of other subtropical fruit crops and more attention is therefore given to the soil P when making recommendations.

Table 13 gives the tentative norms used at present for the midrib analysis and the norms for soil analysis.

The fertilization used in South Africa is given in the third part of the table. From this it is clear that N and K are the most important nutrients, P is, however, of the greatest importance on virgin soils deficient in phosphate.

According to our analysis results Mg is only of importance in a small percentage of the plantations. The values for the trace elements B and Zn tend to be low in quite a number of cases. The Cu content is not very low but the consistent effect of Cu on yield in the regression analyses, causes some concern.

TABLE 7 - The effect of different NPK - levels on the leaf N-, P- and K- content (experiment B, 1973)
Effet de différents niveaux NPK sur les teneurs foliaires en N, P, K (essai B, 1973)
Efecto de distintos niveles NPK sobre los contenidos foliares de N, P, K (ensayo B, 1973)

Element	Treatment	midrib nervure nervio	lamina limbe limbo	mass of bunches masse de régimes (kg) masa de racimos
N (%)	N ₀	0,73 a	3,10 a	23,9
	N ₁	0,77 a	3,22 b	23,6
	N ₂	0,83 b	3,26 b	22,6
	sign. P 0,05	0,049	0,11	-
P 0,01	0,066	0,15	-	
C.V. (%)		9,2	5,2	15,6
P (%)	P ₀	0,054 a	0,121 a	21,3 a
	P ₁	0,057 ab	0,136 b	23,5 ab
	P ₂	0,063 bc	0,147 b	25,3 b
	P 0,05	0,007	0,014	2,48
P 0,01		0,019	3,35	
C.V.		17,1	15,1	15,6
K (%)	K ₀	1,86 a	2,50 a	22,5
	K ₁	2,57 b	2,78 b	22,7
	K ₂	3,06 c	3,02 c	24,9
	P 0,05	0,27	0,20	2,48
P 0,01	0,36	0,27		
C.V.		15,7	10,7	15,6

For explanation of symbols used see table 3.

Explication des symboles : voir tableau 3

Explicación de los símbolos : v. cuadro 3.

TABLE 8 - Factors influencing mass of bunches (Stepwise multiple regression analysis)
Facteurs influençant la masse de régimes (analyse en régression multiple pas à pas)
Factores influyendo la masa de racimos (Análisis en regresión múltiple por pasos)

midrib - nervure - nervio			lamina - limbe - limbo		
Factors facteurs factores	Effect effet efecto	Increase in R ² augmentation de R ² aumentación de R ²	Factors facteurs factores	Effect effet efecto	Increase in R ² augmentation de R ² aumentación de R ²
plant Mg	(-)	21,5 %	plant K	(+)	27,4 %
K appl.	(+)	7,7	plant Cu	(+)	8,5
soil K	(+)	7,1	soil Al	(-)	5,8
plant N	(-)	7,6	soil Mg	(-)	5,0
plant P	(+)	5,8	soil K	(+)	6,9
plant Cu	(+)	4,2	plant N	(-)	5,4
soil Al	(-)	3,6	soil P	(-)	6,1
P appl.	(+)	1,8			
plant Mn	(+)	3,6		R	0,806
plant Zn	(+)	2,8		R ²	65,1
soil C.E.C.	(-)	3,4			
soil pH	(+)	3,6			
	R	0,8526			
	R ²	72,7 %			

F Level insufficient for further computation
Niveau de F insuffisant pour poursuivre des calculs
Nivel de F insuficiente para continuación de los calculos

TABLE 9 - Soil and plant analyses factores influencing yield (multiple regression analysis 1st survey)
 Caractères analytiques du sol et de la plante influençant le rendement (analyse en régression multiple - première enquête)
 Características analíticas del suelo y de la planta que influyen el rendimiento (análisis en regresión múltiple - la encuesta)

sample	factors	1969	1970	1971
midrib	soil pH	(+) **	(-) ***	(-) *
nervure	soil Ca	(-) **	N.S.	(+) **
nervio	soil P	(-) **	(-) **	N.S.
	midrib N	(+) **	(+) **	N.S.
	regression	N.S.	**	**

TABLE 10 - Variation in analysis of different parts of the midrib (mean of 5 plants)
 Variation dans l'analyse de la nervure selon la partie échantillonnée (moyenne de 5 plants)
 Variación en el análisis del nervio según la parte muestrada (promedio de 5 plantas)

Part	%N	%P	%K	%Ca	%Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	B
i) base	0,65	0,130	4,53	1,05	0,31	183	450	5,0	19	23
ii)	0,55	0,090	3,55	0,75	0,25	110	370	8,0	19	25
iii)	0,58	0,105	3,70	0,83	0,28	95	390	7,5	16	22
iv)	0,58	0,111	4,00	1,20	0,31	100	430	5,0	15	21
v) stan- dard	*0,61	*0,113	*3,84	*1,23	*0,33	*85	*428	*6,0	*16	*20
vi)	0,65	0,114	3,98	1,28	0,32	85	450	6,5	16	19
vii)	0,72	0,103	3,50	1,08	0,32	95	475	3,5	18	21
viii)	0,77	0,105	3,55	1,28	0,35	95	490	3,5	16	22
ix)	0,82	0,110	3,63	1,18	0,35	90	530	4,0	17	18
x) tip apex	0,65	0,135	3,68	1,30	0,43	93	520	6,5	32	22

LA DETERMINATION DE L'ETAT NUTRITIONNEL DU BANANIER 'PETITE NAINÉ' EN AFRIQUE DU SUD

Le lecteur trouvera, en préambule de la version anglaise, une rapide revue de la production bananière en Afrique du sud et de son organisation.

L'analyse foliaire est l'unique méthode fiable de détermination de l'état nutritionnel de quelque plante que ce soit. Le problème est de sélectionner une partie de cette plante convenant aux buts de l'analyse. Les conditions pour qu'une partie définie de la plante soit appropriée à cet objectif sont les suivants :

La concentration des éléments dans l'échantillon doit être reliée au volume et à la qualité de la production, à la concentration des éléments nutritifs appliqués et à leur

LA DETERMINACIÓN DEL ESTADO NUTRICIONAL DEL PLÁTANO 'ENANA' EN AFRICA DEL SUR

En la versión inglesa encontrará el lector, como preámbulo, una revista resumida de la producción de plátanos en Africa del Sur y de su organización.

El análisis foliar es el único método fiable para la determinación del estado nutricional de cualquier planta. El problema es la selección de una parte de esta planta que convenga a los fines del análisis. Las condiciones para que tal parte definida de la planta convenga a ese objetivo son las siguientes :

La concentración de los elementos en la muestra debe ser ligada a la cantidad y calidad de la producción, a la concentración de los nutrientes aplicados y a la concentración de ellos en el suelo. Además, de una campaña (estación

TABLE 11 - Variation in analysis at different stages of development of the flower (mean of 5 plants)
Variation de l'analyse selon le stade de développement de l'inflorescence (moyenne de 5 bananiers)
Variación en el análisis según el estadio de desarrollo de la inflorescencia (promedia de 5 plantas)

Stage	%N	%P	%K	%Ca	%Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	B
emergence	0,66	0,170	3,95	0,98	0,37	90	670	7,0	16	20
first 2 hands 2 premières mains 2 primeras manos	0,60	0,133	3,85	1,23	0,40	80	610	6,0	15	19
6 hands 6 mains 6 manos	0,60	0,150	3,75	1,13	0,49	85	635	6,5	15	20
2 hermaphro- dite *	0,55	0,115	3,85	1,85	0,48	90	690	6,5	15	17
perianths dried périanthes desséchés perianto desechado	0,59	0,095	3,50	1,35	0,66	98	770	6,5	15	17

TABLE 12 - Variation in analysis between single plants for midrib sample.
Variation de l'analyse entre plantes individuelles pour l'échantillon de nervure
Variación en el análisis entre plantas individuales por la muestra de nervio

Number of samples to be taken to give a variation of less than 10 % within a probability of 95 %
 Nombre d'échantillons à prélever pour obtenir une variation inférieure à 10 % avec une probabilité de 95 %
 Numero de muestras que tomar para obtener una variación inferior a los 10 % con una probabilidad de 95 %

N - 5 plants	(0,61 % mean - moyenne - promedio)
P - 44 plants	(0,113 % mean - moyenne - promedio)
K - 12 plants	(3,84 % mean - moyenne - promedio).

concentration dans le sol. De plus, les variations d'une campagne à l'autre des concentrations en éléments dans l'échantillon doivent, en conditions contrôlées, être minimales. Pour des raisons pratiques, l'échantillon doit être facilement identifiable et manipulable.

Le but de cette recherche a donc été de déterminer quelle partie du bananier satisfèrait à ces exigences, en vue de son utilisation pour le conseil aux producteurs.

1. Neuf différentes parties de la plante, comprenant diverses zones des feuilles I et III, le bourgeon mâle, la bractée, de petits rejets, ont été utilisées comme point de départ pour cette recherche. Les échantillons ont été prélevés en février et mars sur des bananiers au stade floraison, c'est-à-dire au moment où deux mains hermaphrodites du régime venaient juste de s'ouvrir. Un échantillonnage étendu a été réalisé au cours de cette première enquête, afin d'inclure les principales zones bananières d'Afrique du sud. Des échantillons de sol ont également été analysés.

anual de toma de muestras) a la otra, las variaciones de concentración de los elementos en la muestra deben ser minimales, en condiciones controladas. Por razones prácticas, la muestra debe poder ser fácilmente identificada y manipulada.

Entonces, el fin de esta investigación fué el determinar que parte del plátano satisficaría a esas exigencias, con mira de su uso futuro para aconsejar a los productores.

1. Como punto de principio de esta investigación, nueve distintas partes de la planta fueron utilizadas, incluyendo distintas zonas de las hojas I y III, el brote masculino, la bractea y pequeños hijuelos. Las muestras fueron tomadas en febrero y marzo de platanos en la fase de floración, es decir al momento en el cual dos manos hermafroditas del racimo acababan ya de descubrirse. Un muestreo extenso fué realizado en el curso de esta primera encuesta, con fin de incluir las zonas plataneras principales de Africa del Sur. Igualmente se analizaron muestras de suelos.

TABLE 13 - Tentative norms for midrib sample.
Normes à l'essai pour échantillon de nervure.
Estandares intentados para muestras de nervio

	N %	P%	K %	Ca %	Mg %
plant crop	0,65-0,80	0,08-0,10	3,00-3,50	1,25-1,50	0,30-0,60
1 ^{er} cycle	(1,00-1,20)		(3,50-4,00)		
	Zn p.p.m.	Cu p.p.m.	Mn p.p.m.	Fe p.p.m.	B p.p.m.
	12-20	10-15	80-300	80-120	20-40

Norms for soil analysis - Normes pour l'analyse du sol - Estandares para el análisis de suelo

P - > 10 p.p.m. - reaction doubtful - réaction douteuse - reacción dudosa

K - < 0,50 me/100 g - reaction very likely - réaction très probable - reacción muy probable
0,50-0,80 me/100 g - reaction possible - réaction possible - reacción posible

> 0,80 me/100 g - reaction very unlikely - réaction très improbable - reacción muy improbable

Ca - at least 60 % of C.E.C. - au moins 60 % de la C.E.C. - a lo menos 60 % de la C.C.C.

Fertilization.

N 150 to 250 g/mat/annum - g/touffe/an - g/plantón/año

P 0 to 30 g/mat/annum - g/touffe/an - g/plantón/año

K 0 to 300 g/mat/annum - g/touffe/an - g/plantón/año

Les résultats d'analyse de chaque échantillon de plante ont été comparés avec le rendement, les engrais appliqués et la composition du sol au moyen d'études de corrélation et de régression multiple (tableaux 3 et 4). Finalement, après trois campagnes annuelles, on a sélectionné les deux échantillons présentant le meilleur ensemble de relations avec ces facteurs : le limbe et la nervure centrale de la feuille III. Ils ont à nouveau été testés au cours de la campagne suivante.

2. Cette deuxième enquête a utilisé 59 parcelles représentant une large variété de conditions édaphiques et climatiques. Le rendement potentiel de chaque parcelle a été évalué par marquage aléatoire de 15 régimes au stade floraison. Ces plantes étaient simultanément échantillonnées. Les poids des régimes étaient déterminés et reliés aux chiffres analytiques de la plante et du sol ainsi qu'aux quantités d'engrais reçues, à l'aide d'une analyse en régression multiple pas-à-pas.

Ces données sont présentées dans les tableaux 5 et 8. Le tableau 5 indique les facteurs les plus importants influençant l'état de nutrition en N et K des deux parties de la plante. La teneur du sol en K a exercé un effet positif sur la teneur de la plante en N et K dans les deux types d'échantillon. L'augmentation du pH du sol a diminué leur teneur en N. Un fait d'importance toute particulière est la relation positive entre la teneur du sol en K, tout comme la quantité de K appliquée, et la teneur de la plante en K. C'était l'un des critères à remplir pour le choix de l'échantillonnage.

Los resultados del análisis de cada muestra de planta fueron comparados con el rendimiento, los abonos aplicados y la composición del suelo, utilizando estudios de correlación y de regresión múltiple (cuadros 3 y 4). Finalmente, después de tres campañas se eligieron las dos muestras presentando el mejor conjunto de relaciones con aquellos factores : el limbo y el nervio de la hoja III. Estos dos volvieron a ser evaluados al curso de la estación de muestreo siguiente.

2. Esta segunda encuesta utilizó 59 parcelas, representando una variedad amplia de condiciones edáficas y climáticas. El rendimiento potencial de cada parcela fue valorado por el señalamiento al azar de 15 racimos al estado de floración. Esas plantas eran muestreadas simultáneamente. Los pesos de los racimos fueron determinados y relacionados a las cifras analíticas de la planta y del suelo así como a las cantidades de abono recibidas, con ayuda de un análisis en regresión múltiple paso a paso.

Estos datos se presentan en los cuadros 5 y 8. El cuadro 5 indica los factores más importantes que influyen sobre el estado de nutrición en N y K de ambas partes de la planta. El nivel de K en el suelo tuvo un efecto positivo sobre el nivel de N y K en ambos tipos de muestra. El aumento del pH del suelo hizo disminuir sus contenidos de N. Un hecho con importancia muy especial es la relación positiva entre el contenido de K en el suelo, así como la cantidad de K aplicada, y el contenido de K en la planta. Esto era uno de los criterios que debía ser cumplido para la

Les tableaux 8 et 9 présentent les facteurs affectant les dimensions du régime (donc le rendement). Ces données montrent qu'en utilisant les résultats d'analyse de la nervure en même temps que les facteurs indiqués, 73 % au moins de la variation de poids des régimes peuvent être expliqués contre 65 % dans le cas du limbe.

ESSAIS D'ENGRAIS

Deux essais factoriels NPK 3³ à deux répétitions chacun ont été implantés en des endroits différents, pour continuer à tester la valeur des deux échantillons sélectionnés.

L'essai «A», avec des teneurs élevées en P et K dans le sol, répondit seulement aux applications de N pour ce qui concerne les rendements. Le tableau 6 montre les effets des différents niveaux d'apport de N et de K sur les teneurs en N et K de la nervure et du limbe, au cours de plusieurs campagnes. Ces données montrent que les accroissements de N et K se sont beaucoup mieux reflétés dans la composition de la nervure que dans celle du limbe.

L'essai «B», mis en place sur un sol très pauvre, a répondu très favorablement aux applications de phosphate comme l'ont démontré la croissance du pseudo-tronc, le rendement, et les teneurs en P de la nervure et du limbe. Bien que les concentrations de N et K dans la nervure et le limbe aient été significativement augmentées par les engrais correspondants, seule la dose la plus élevée de K a montré une tendance à augmenter le rendement. Ces données confirment la valeur de l'analyse de la nervure ou du limbe (tableau 7).

VARIATION ENTRE CAMPAGNES

Pour qu'une partie donnée de la plante possède une valeur diagnostique, sa variation entre campagnes dans des conditions de pratique culturale équivalente doit être limitée au minimum.

Le tableau 1 indique les variations obtenues dans le cas des deux échantillons, nervure et limbe, sur 3 à 4 campagnes. Dans les deux cas elles ont été relativement faibles pour les divers éléments. Dans l'essai engrais «A», qui a démarré sur une nouvelle plantation, les résultats de l'analyse du premier cycle (1971) ont été très élevés, particulièrement pour N et K dans la nervure et K dans le limbe. Cependant, les variations pour les campagnes suivantes se sont maintenues dans des limites raisonnables. Il faut donc prendre garde tout spécialement, dans l'interprétation des données analytiques, aux jeunes plantations.

D'autres variations entre campagnes sont présentées dans le tableau 2.

elección del muestreo.

En los cuadros 8 y 9 se presentan los factores que más afectan el tamaño del racimo (y por tanto el rendimiento). Estos datos demuestran que si se utilizan los resultados del nervio simultáneamente con los factores mencionados, a lo menos 73 % de la variación del peso de los racimos pueden ser explicados, mientras 65 % solamente se explican en el caso del limbo.

ENSAYOS DE ABONO

Dos ensayos NPK 3³ factorial con dos repeticiones en cada uno fueron instalados en lugares distintos, para seguir testando el valor de las dos muestras elegidas.

El ensayo «A», en un suelo con contenidos altos de P y K, respondió solamente al abono nitrogenado en cuanto a los rendimientos. El cuadro 6 indica los efectos de los distintos suministros de N y de K sobre los contenidos de N y K en el nervio y en el limbo, al curso de varias campañas. Estos datos demuestran que los aumentos de N y K se reflejaron mucho mejor en la composición del nervio que en la del limbo.

En ensayo «B», plantado en un suelo muy pobre, respondió muy favorablemente a los suministros fosfóricos, como lo demostraron el crecimiento del pseudo-tallo, el rendimiento, y los contenidos de P en el nervio y en el limbo. Aunque las concentraciones de N y de K en el nervio y en el limbo fueron aumentadas significativamente por los abonos correspondientes, la dosis más elevada de K solo mostró una tendencia a aumentar el rendimiento. Estos datos confirman el valor del análisis del nervio o del limbo (cuadro 7).

VARIACIÓN ENTRE CAMPAÑAS

Para poseer un valor diagnóstico, una parte dada de la planta debe presentar variaciones de una estación anual de muestreo a la otra que sean limitadas al mínimo, en condiciones de práctica de cultivo equivalentes.

El cuadro 1 indica las variaciones obtenidas en el caso de las dos muestras, nervio y limbo, en 3 a 4 campañas. En ambos casos, ellas fueron relativamente débiles para los distintos elementos. En el ensayo de abono «A», que empezó con una nueva plantación, los resultados del análisis del 1er ciclo (1971) fueron muy elevados, particularmente para N y K en el nervio y K en el limbo. Sin embargo, las variaciones para las estaciones siguientes se mantuvieron entre límites razonables. Entonces, en la interpretación de los datos analíticos, debe tenerse muy especial cuidado con las plantaciones jóvenes.

Otras variaciones entre estaciones anuales son presentadas por el cuadro 2.

CHOIX DE L'ECHANTILLON

En considérant tous les résultats obtenus au cours de cette recherche et les exigences remplies par les deux échantillons, celui de la nervure a été choisi comme satisfaisant mieux aux objectifs de l'analyse.

A ce stade, il est devenu nécessaire de déterminer les effets sur les résultats analytiques, de trois facteurs :

a) époque d'échantillonnage.

La nervure a été échantillonnée à cinq stades différents du développement de la fleur, soit de son émergence à la récolte du régime (tableau 11). Ces données montrent à l'évidence que l'époque d'échantillonnage est assez critique pour P et Ca, mais pas pour les autres éléments majeurs et mineurs. On a conclu que, pour limiter la variation à un minimum, il faut prendre soin d'échantillonner au moment où les deux premières mains hermaphrodites sont juste ouvertes.

b) position de l'échantillon.

Une recherche a montré la nécessité, pour une bonne reproductibilité, de prélever sur la nervure un échantillon défini de manière précise et constante (tableau 10).

c) nombre de plants à échantillonner.

Le critère a été une variation de moins de 10 p. cent avec une probabilité de 95 % (tableau 12). Dans ce but, 10 à 12 plants se sont montrés suffisants pour N et K, mais il fallait au moins 44 plants pour P. Ceci étant très difficilement réalisable, il a été décidé d'utiliser l'analyse de la nervure pour N et K seulement et de se fier davantage à l'analyse du sol pour l'évaluation du phosphore.

NORMES POUR L'ECHANTILLON DE NERVURE

Des fourchettes optimales pour l'analyse de la nervure ont été adoptées à l'essai : cf. tableau 13.

Ces normes seront affinées au fur et à mesure que progressera la pratique de l'analyse foliaire et de l'analyse du sol.

ELECCION DE LA MUESTRA

Al considerar todos los resultados obtenidos en el curso de esta investigación, y las exigencias cumplidas por las dos muestras, el del nervio fué elegido como más satisfactorio en cuanto a los objetivos del análisis.

En esta etapa fué necesario de determinar los efectos, sobre los resultados analíticos, de tres factores.

a) época de muestreo.

El nervio fué muestreado en 5 distintas fases del desarrollo de la flor, o sea desde su salida hasta la cosecha del racimo (cuadro 11). Estos datos demuestran con evidencia que la época del muestreo es bastante crítica para P y Ca, pero no lo es para los demás macro y micro-elementos. Se concluyó de esto que, para limitar la variación a un mínimo, debe cuidarse que se muestree en un momento en el cual las dos primeras manos hermafroditas sean ya justamente abiertas.

b) posición de la muestra.

A fin de obtener una buena reproducibilidad, mostró una investigación la necesidad de tomar del nervio una muestra definida con precisión y constancia (cuadro 10).

c) número de plantas para la toma de muestras.

EL criterio fué una variación de menos de 10 % con una probabilidad de los 95 % (cuadro 12). Con esta mira, 10 à 12 plantas mostraronse suficientes para el N y el K, pero se necesitaban a lo menos 44 plantas para el P. Dado que esto es muy difícilmente realizab le, se decidió usar el análisis de l nervio para N y K solos y fiarse más en el análisis del suelo para la evaluación de P.

NORMAS PARA LA MUESTRA DE NERVIO

Se adoptaron los intervalos optimos provisionales del cuadro 13 para el análisis del nervio.

Estas normas serán afinadas a medida que la práctica del análisis foliar y del análisis del suelo progrese.

