

Facteurs influençant la teneur en potassium dans la troisième feuille du rejet de bananier

E. LAHAV*

FACTEURS INFLUENCANT LA TENEUR EN POTASSIUM DANS LA TROISIEME FEUILLE DU REJET DE BANANIER

E. LAHAV

Fruits, Sep. 1972, vol. 27, n°9, p. 585-590.

RÉSUMÉ - Les analyses de potassium dans le limbe de la feuille III du bananier induisent en erreur et ne peuvent définir correctement le niveau potassique du rejet pour les raisons suivantes :

- la variabilité significative du taux potassique le long de la feuille provoque des erreurs dues à l'échantillonnage.
- le limbe de la troisième feuille a été choisi en raison de sa haute concentration en azote et non en potassium.
- de nombreux facteurs internes et externes influencent la composition du limbe et témoignent de sa haute sensibilité envers le potassium cette sensibilité excessive empêche la compréhension des résultats analytiques.
- il est impossible de répéter avec précision un échantillonnage représentatif dans le cas du limbe de la feuille du bananier.

INTRODUCTION

Il est reconnu que l'analyse minérale des feuilles sert d'indicateur de l'assimilation du potassium dans la plupart des plantes cultivées et constitue la principale source d'information pour décider la méthode de fumure. Il a été prouvé que cette méthode est supérieure à celle de l'analyse du sol pratiquée dans le passé et qu'elle définit d'une manière plus exacte le régime nutritionnel de la plante.

La méthode de l'analyse foliaire comporte les avantages suivants :

- la majorité de l'activité chimique de la plante a lieu dans la feuille,
- la feuille est, en général, plus sensible aux changements du régime nutritionnel que les autres parties de la plante,
- les feuilles sont des organes relativement homogènes et leur échantillonnage est aisé.

ANALYSES EN VUE DE DÉTERMINER LE MÉTABOLISME DU POTASSIUM DANS LE BANANIER

Il y a un grand avantage chez les monocotylédones, à savoir la possibilité de déterminer exactement l'âge de la feuille ; cette détermination permet de collecter un échantillon de feuilles dont la variabilité due à l'âge est considérablement diminuée. Ceci est une des raisons du succès de l'analyse foliaire pour la canne à sucre, l'ananas et le palmier à huile (10, 11, 19). L'application de la méthode d'analyse foliaire au bananier est encore en retard par rapport aux autres monocotylédones.

HEWITT (8) a été le premier à publier des standards pour l'échantillonnage des feuilles du bananier. Il conclut qu'il est préférable d'échantillonner la f III, du fait qu'elle contient le taux d'azote le plus élevé. Certains chercheurs préfèrent échantillonner la feuille la plus jeune étant donné qu'elle contient la concentration maximum en potassium (5, 16). De plus, cette première feuille, ayant un âge physiologique bien déterminé, semble être plus convenable pour l'échantillonnage. MARTIN-PREVEL et coll. (13) préfèrent parfois échantillonner deux feuilles - la première et la troisième - tandis que TWYFORD (21) échantillonne la quatrième.

Les échantillonnages de HEWITT ont été faits après l'émergence du régime et durant la maturation du fruit (environ trois mois après l'émergence). Après l'émergence il se produit un flux de minéraux de la feuille vers le fruit. On

* - Centre Volcani de Recherches agricoles, Bet-Dagan, Israël. série 1972, No 2062 - E.

a ainsi constaté une baisse de quantité de la plupart des minéraux dans la feuille ; la plupart des chercheurs préfèrent échantillonner avant la floraison (3, 5, 7, 9). Certains chercheurs s'abstiennent même d'échantillonner les pieds-mères qui portent des fruits (5), tandis que d'autres préfèrent au contraire le stade récolte (6).

Un examen approfondi de la nutrition du bananier a été effectué par HEWITT en Jamaïque sur la variété Lacatan (8). Cet examen a établi que la valeur minimum du potassium dans le limbe de la troisième feuille est de 3,3 p. cent. HEWITT lui-même met cette valeur en doute et pense qu'il y a lieu de reexaminer les résultats trouvés (9). Le manque d'une base certaine pour mesurer les valeurs potassiques dans le limbe de la feuille s'est révélé dans des essais effectués à Formose. Dans ces expériences, on a obtenu une réponse à la fumure potassique malgré que l'analyse de la feuille ait révélé une teneur supérieure à 5 p. cent de potassium dans le type d'échantillon analysé (23) (au lieu de 8 p. cent).

En Israël, un examen approfondi de la nutrition n'a pas encore été effectué ; seuls ont été réalisés des essais de fumure. Cependant, de nombreux essais de fumure menés en Israël et à l'étranger ont prouvé qu'il n'existe aucun lien entre le niveau du potassium échangeable dans le sol et la teneur en potassium dans la feuille, ni même entre la réponse du rejet à la fumure potassique et la teneur en potassium dans la feuille. Ces essais n'ont pas révélé de différences systématiques de la teneur en potassium dans les feuilles entre les parcelles témoin et celles fortement fumées (2, 3, 5). La conclusion qui s'impose est qu'il y a lieu de revoir les méthodes d'échantillonnage du rejet pour effectuer l'analyse du potassium dans le bananier.

Dans le cadre général des recherches visant à déterminer le niveau potassique du bananier (12) des essais ont été réalisés pour découvrir les facteurs influençant la teneur en potassium dans le troisième limbe du rejet.

MÉTHODES ET RESULTATS

Les échantillons ont été pris dans des parcelles commerciales ainsi que dans des parcelles expérimentales. Dans tous les cas, sauf mention spéciale, il s'est agi de rejet fils. L'échantillonnage a été effectué, comme d'habitude, aux mois de septembre - octobre. (Le limbe de la f. III a été échantillonné en son milieu). Les feuilles ont été séchées à 60°C, mouluées et passées au tamis de 40 mailles. Après combustion en milieu humide, le contenu en potassium des feuilles prélevées a été déterminé à l'aide d'un photomètre à flamme. Les résultats numériques ont été analysés pour déterminer la signification des différences.

Différence de concentration le long du limbe.

Le limbe de la troisième feuille de 10 rejets a été échantillonné. Chaque feuille a été partagée dans la largeur en 10 lanières. La longueur de chacune d'elles était d'environ 15 cm ; chaque lanière fut examinée à part, du côté droit et du côté gauche de la feuille. On a trouvé que le niveau potassique diminuait au fur et à mesure qu'on allait de la base de la feuille vers son extrémité.

On a trouvé que, dans 7 lanières sur 10 examinées, la teneur en potassium du côté droit du limbe était inférieure à celle du côté gauche, mais les différences n'étaient pas significatives. On a observé une différence quand un côté du limbe reçoit un éclairage différent de l'autre (voir paragraphe : Éclairage de la feuille). Des différences très significatives ont été obtenues entre les feuilles des différents rejets.

TABLEAU 1. Variations du niveau potassique (en p. cent de matière sèche) le long de la feuille.

Distance de l'extrémité de la feuille (cm)	Côté de la feuille		Moyenne
	Droit	Gauche	
15	2,49	2,65	2,57 a
30	2,50	2,93	2,71 a
45	2,77	3,12	2,94 ab
60	3,15	3,13	3,14 bc
75	3,19	3,32	3,25 bc
90	3,31	3,55	3,43 cd
105	3,66	3,78	3,72 de
120	3,76	3,90	3,83 de
135	4,21	4,15	4,18 e
150	4,99	4,69	4,74 f
Moyenne	3,40	3,52	3,46

Les valeurs non marquées par une lettre commune se différencient d'une manière très significative ($P = 0,01$).

Orientation de la feuille.

Des limbes de troisièmes feuilles ont été pris d'après leur orientation et échantillonnés en leur milieu : dix feuilles x 5 répétitions pour chacun des points cardinaux. Les feuilles tournées vers le nord, l'est et le sud contenaient 3,22 p. cent de potassium, tandis que dans celles tournées vers l'ouest la teneur en potassium n'était que de 2,39 p. cent.

Heure d'échantillonnage.

Des lanières larges de 5 cm ont été découpées des deux côtés de la troisième feuille (fig. 1). Cette méthode d'échantillonnage se basait sur la répartition du potassium le long du limbe (voir paragraphe : Différence de concentration le long du limbe). Les échantillonnages ont été effectués toutes les deux heures, de 6 heures du matin à 4 heures de l'après-midi. Chaque échantillon comprenait 10 feuilles et on a fait 6 répétitions. La teneur en potassium est basse au début de la matinée et dans l'après-midi (fig. 2) : elle atteint son maximum à 10 heures du matin. Les différences entre les échantillons du matin (8 - 10 heures) et ceux de l'après-midi étaient très significatives.

Éclairage de la feuille.

Bien qu'on n'ait pas trouvé de différences entre les deux côtés de la troisième feuille, une analyse supplémentaire fut effectuée pour vérifier si un éclairage différent des deux côtés de la feuille pouvait avoir une influence. Pour cette analyse on a choisi une troisième feuille dont un côté était tourné vers le sud et éclairé constamment, comparé à l'autre côté tourné vers le nord et ombragé durant la plupart des heures de la journée. L'examen a été fait sur 5 répétitions de 10 feuilles chacune. Les résultats ont montré d'une manière significative que le taux du potassium dans la moitié sud de la feuille (2,78 p. cent) était plus bas que dans la moitié nord (3,63 p. cent).

Degré d'ouverture du «cigare».

On a constaté précédemment que la composition de la feuille variait par période de 7 jours. Pour prouver que cette périodicité est liée au degré d'ouverture du «cigare» (1, 4),

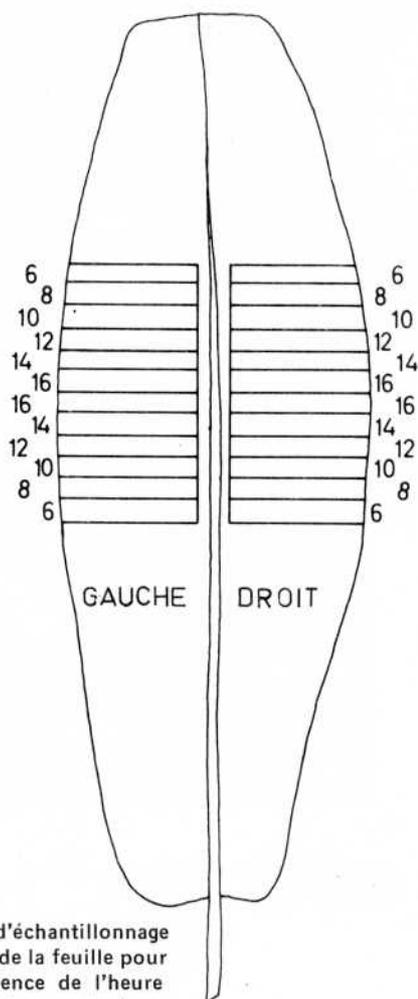


FIG. 1. Méthode d'échantillonnage sur les deux côtés de la feuille pour déterminer l'influence de l'heure de la journée sur le taux potassique (les chiffres indiquent les heures de prélèvement).

les limbes de la troisième et de la dixième feuille ont été échantillonnés en leur milieu. Les échantillonnages furent effectués sur des rejets de deux sortes : à «cigare» fermé et à «cigare» ouvert (photos 1 et 2). Dans chaque groupe 10 rejets furent échantillonnés avec 6 répétitions. La teneur en potassium des feuilles d'un rejet à «cigare» fermé (2,75 p. cent) était inférieure à celle des feuilles d'un rejet à «cigare» ouvert (3,44 p. cent). C'est-à-dire que dans les rejets à «cigare» ouvert le pourcentage du potassium dans la troisième feuille était de 30 p. cent plus élevé que dans les rejets à cigare fermé. Dans la dixième feuille la différence n'était que de 3 p. cent.

Influence de l'irrigation sur la teneur en potassium dans le limbe.

Dans la plaine cotière d'Israël, on irrigue les bananiers par aspersion au dessus du feuillage. Pour étudier l'influence de l'irrigation on a échantillonné une même feuille (photo 3) avant et après l'irrigation, dans la matinée, à 24 heures d'intervalle. L'irrigation a été appliquée dans la nuit entre les deux matinées. Le niveau du potassium avant l'irrigation était significativement plus élevé (3,20 p. cent) que celui après l'irrigation (3,07 p. cent).

Rejets de générations différentes.

La teneur en potassium dans la troisième feuille a été comparée entre les rejets : pied-mère, rejet fils et rejet en «chou» (Water sucker). Le niveau potassique du pied mère était beaucoup plus bas (2,56 p. cent) que celui des feuilles du rejet fils (3,35 p. cent) et du rejet en «chou» (3,46 p. cent).

Age du rejet fils.

On a comparé les taux de potassium dans des rejets d'âges différents. L'âge des rejets a été évalué d'après leur hauteur. Les rejets ont été classés par groupes de hauteur de 120, 140 et 160 cm. Des rejets de 160 cm à inflorescence sortie ont été échantillonnés séparément. Les rejets furent échantillonnés par groupes de 5 avec 6 répétitions. On a trouvé que le pourcentage du potassium dans le limbe croissait avec l'âge du rejet, mais qu'une baisse abrupte se produisait immédiatement après l'émission du régime (tableau 2). Le pourcentage du potassium mesuré dans les rejets fils était le

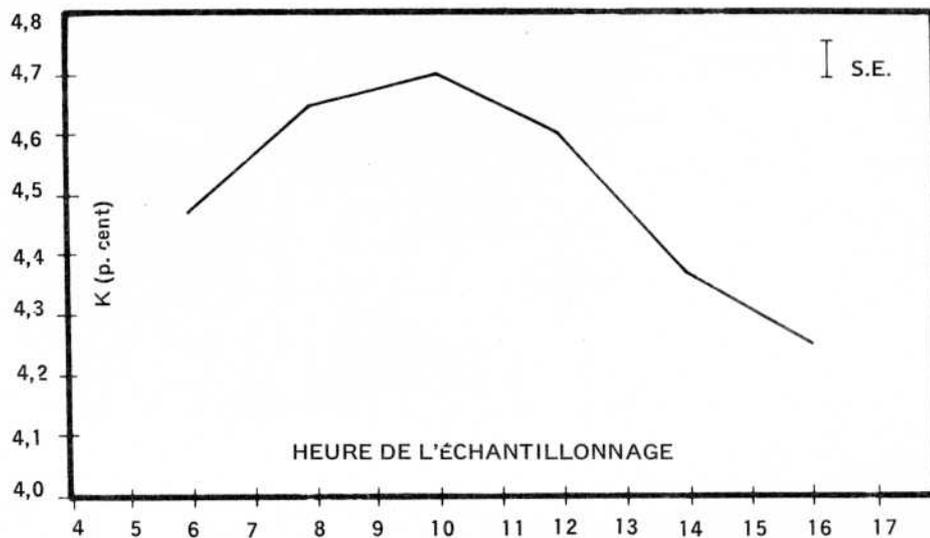
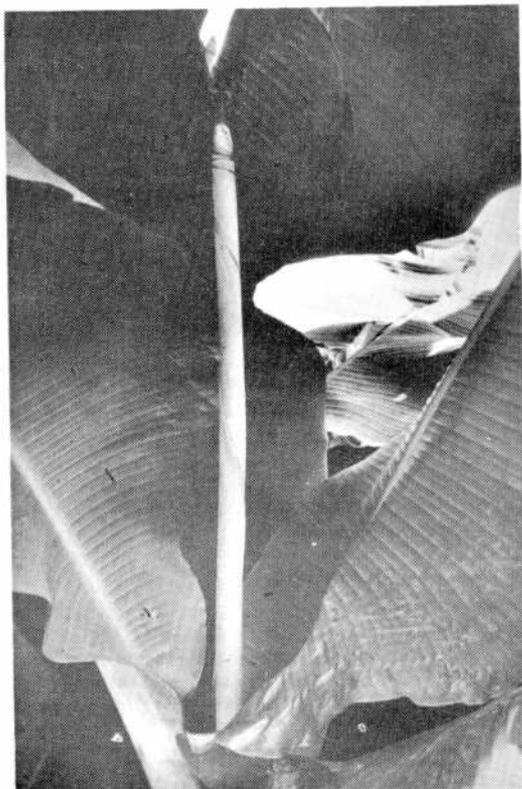


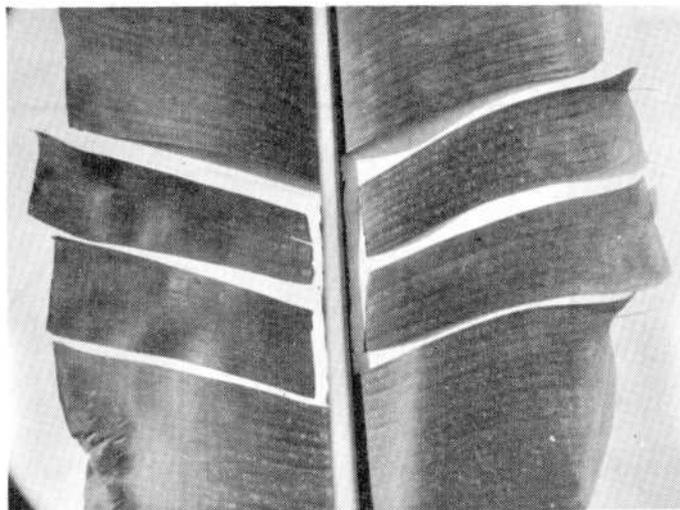
FIG. 2. Variations de la teneur en potassium en p. cent de la matière sèche dans le limbe du bananier au cours de la journée.



Photos 1 et 2. Échantillonnage des rejets d'après le degré d'ouverture du «cigare». Rejet à «cigare» fermé (en haut). Rejet à «cigare» ouvert (en bas).

Jour de
l'échantillonnage
1

2



Jour de
l'échantillonnage
2

1

Photo 3. Échantillonnage d'une troisième feuille afin d'examiner l'influence de l'irrigation sur le limbe.

plus élevé juste avant l'émission du régime.

TABLEAU 2. Variations du taux potassique (en p. cent de m.s.) dans la troisième feuille selon la hauteur du rejet.

Hauteur du rejet (cm)	Année 1966	Année 1967
120	3,54 b	2,80 b
140	3,84 c	3,03 c
160	4,05 c	3,30 d
160 (émergence)	3,20 a	2,54 a
Moyenne	3,66	2,92

Les valeurs qui n'ont pas une lettre commune se différencient d'une manière significative ($P = 0,05$).

DISCUSSION

L'examen des méthodes d'analyse du taux potassique dans le bananier fait apparaître les faiblesses de l'échantillonnage comme il est effectué couramment. Le changement significatif qui apparaît le long de la feuille s'est avéré être le principal secteur susceptible de conduire à une évaluation erronée des résultats de l'analyse. Les changements du niveau potassique le long de la feuille s'expliquent par un mouvement du potassium vers les points de croissance. Puisque la base de la feuille du bananier est plus méristématique que son extrémité (18), la concentration du potassium y est plus élevée. Nous trouvons ce phénomène dans le bananier (21,22) aussi bien que dans d'autres cultures (17,19). Une déviation de quelques centimètres seulement dans la région de l'échantillonnage peut donner un grand changement du taux potassique. Cette variation est tellement grande qu'elle peut conduire à des conseils erronés pour la fumure. On sait que l'homogénéité des feuilles est l'avantage qui les désigne comme l'organe de choix pour l'échantillonnage ; mais il n'en est pas ainsi pour le bananier ; c'est pourquoi on ne peut avoir qu'une confiance limitée dans les analyses effectuées sur les limbes des feuilles de bananier.

En ce qui concerne la composition des deux moitiés de la feuille on a trouvé ici, comme dans les travaux de TWYFORD et de ses collaborateurs (21, 22), des différences non significatives entre les deux moitiés ; et ceci malgré le fait qu'avant l'émergence le côté droit de la feuille du bananier soit enroulé dans le côté gauche, que les deux moitiés de la feuille proviennent de méristème se développant d'une façon tout à fait indépendante (18), et que chacune d'elles manifeste une intensité de respiration différente (15). Apparemment il suffirait d'échantillonner une seule moitié du limbe. Cependant, quand une moitié de la feuille est tournée vers le sud et éclairée tandis que l'autre est tournée vers le nord et se trouve à l'ombre des différences significatives du taux potassique apparaissent.

En plus de ces différences liées à la structure morphologique de la feuille, on note quelques facteurs liés au mode de croissance du rejet, et qui influencent eux aussi la composition du limbe de la feuille. Les feuilles tournées vers l'ouest ont révélé un taux relativement bas de potassium. De même, quand le «cigare» est fermé, le taux potassique dans la troisième feuille est plus bas que lorsqu'il est ouvert. Ainsi s'est confirmée l'opinion que la composition du limbe change périodiquement (4). Il semble que pendant la croissance,

du rejet, la feuille la plus jeune se comporte comme si elle «sucrait» le potassium des feuilles plus âgées. La force de ce pompage va en diminuant jusqu'à l'ouverture du «cigare», puis la feuille suivante commence à «sucrer» à son tour (14). L'influence du degré d'ouverture du «cigare» sur le taux potassique dans la troisième feuille n'a pas été mentionnée dans un travail parallèle effectué en Jamaïque (1). En général, on a mesuré des taux de potassium plus élevés sur les rejets en «choux» (Water suckers) que sur les rejets-fils et les pieds-mères. Une valeur particulièrement basse a été trouvée dans les feuilles des pieds-mères par suite de la migration du potassium à partir des feuilles vers le régime. Ce fait a été également constaté par d'autres chercheurs (3, 17, 23). Ce mouvement du potassium vers le régime change la corrélation entre la fumure et la composition de la feuille, et présente une raison supplémentaire pour considérer l'échantillonnage des feuilles de pieds-mères comme impropre à déterminer le niveau potassique dans le bananier. Ainsi se trouve justifiée la tendance de beaucoup de chercheurs à s'abstenir d'échantillonner les feuilles des pieds-mères (3, 5, 7, 9).

La stabilité dans la composition des rejets-fils est aussi contestable. La migration du phosphore radioactif entre les rejets du même pied a été prouvée (24). On doit admettre qu'un pareil mouvement existe pour le potassium. L'examen des feuilles des rejets-fils de différents âges, échantillonnées à la même date, a démontré que la valeur potassique du limbe va en croissant jusqu'à l'émission du régime, et qu'ensuite elle diminue. Ainsi, il a été prouvé qu'on ne peut pas se contenter d'échantillonner des rejets, mais qu'il faut en plus tenir compte de leur âge, chose difficile à réaliser d'une manière précise.

Le potassium a été classé par TUKAY (20) parmi les éléments moyennement lessivables de la feuille. Son degré de lessivage est inférieur à celui du sodium et du manganèse, mais supérieur à celui du chlore, du phosphore, du zinc et du fer. En effet, on a trouvé que l'irrigation au dessus du feuillage pratiquée dans les bananeraies d'Israël cause un lessivage du potassium de la feuille et des changements significatifs dans la composition du limbe. Notons sous ce rapport qu'une alimentation insuffisante en eau peut augmenter le niveau potassique de la feuille du bananier (23).

TWYFORD et COULTER (21) ont examiné l'influence de l'heure d'échantillonnage sur le taux potassique du limbe de la feuille du bananier, mais ils n'ont pas trouvé de différences entre les heures de la journée. Par contre, dans notre travail une courbe à maximum au cours de la journée a été obtenue. On a trouvé que le potassium migre vers le limbe dans les heures de la matinée et se déplace en sens contraire aux heures de l'après-midi. Parallèlement, des mouvements inverses du potassium ont été observés dans le pseudo-tronc (12). Il faut noter que cet essai fut effectué sans prendre en considération l'influence de l'échantillonnage lui-même (c'est à-dire du prélèvement d'une partie du limbe) sur le taux potassique dans les parties restantes. Mais en tenant compte de la structure spéciale du limbe d'une feuille de bananier, qui ne possède que des nervures parallèles, on peut admettre que l'influence du traumatisme - si elle existe - est faible.

Ceci prouve apparemment l'existence d'un mouvement du potassium du pseudo-tronc vers le limbe pendant la journée. Ce mouvement est accompagné d'une croissance importante de la feuille qui a lieu, elle aussi, pendant la journée (5). Ce facteur qui n'a pas été pris en considération jusqu'aujourd'hui dans l'échantillonnage des feuilles pour l'analyse du potassium est probablement responsable du manque de clarté des résultats obtenus dans l'analyse foliaire.

BIBLIOGRAPHIE

1. Banana Board Research Department, Jamaica (1960).
Ann. Rep.
2. BHANGOO (M.S.), ALTMAN (F.G.) and KARON (M.L.). (1962).
Investigations on the giant Cavendish banana. I. Effetc of NPK on fruit yield in relation to nutrient content of soil and of leaf tissus in Honduras.
Trop. Agric., 39, 189-201.
3. BIDNER-BARHAVA (N.) and RAVIKOVITCH (S.). (1958).
The influence of various soils on the mineral composition of banana leaves.
Klavim, 8, 255-272.
4. BOLAND (D.E.). (1960).
The development of a technique for leaf analysis of banana plants.
 Première réunion internationale sur la production bananière FAO/CCTA., Abidjan Côte d'Ivoire, comm. n°14.
5. BRZESOWSKY (W.J.) and VAN BIESEN (J.). (1962).
Foliar analysis in experimentally grown Lacatan bananas in relation to leaf production and bunch weight.
Neth. J. agric. Sci., 10, 118-126.
6. DUMAS (J.) et MARTIN-PRÉVEL (P.). (1958).
Contrôle de nutrition des bananeraies en Guinée : premiers résultats.
Fruits, 13, 375-386.
7. HAGIN (J.), KAFKAFI (U.), HALEVY (Y.) and PELED (A.). (1964).
Fertilizer experiments in Israeli banana plantations.
Emp. J. exp. Agric., 32, 311-318.
8. HEWITT (C.W.). (1955).
Leaf analysis as a guide to the nutrition of bananas.
Emp. J. exp. Agric., 23, 11-16.
9. HEWITT (C.W.) and OSBORNE (R.E.). (1962).
Further field studies on leaf analysis of Lacatan bananas as a guide to the nutrition of the plant.
Emp. J. exp. Agric., 30, 249-256.
10. INNES (R.F.). (1960).
The nitrogen, phosphorus and potassium requirements of sugar cane.
J. Sci. Fd. Agric., 11, 299-309.
11. KEE (N.S.) and THAMBOO (S.). (1967).
Nutrient contents of oil palms in Malaya. I. Nutrients required for reproduction : fruit bunches and male inflorescence.
Malaysian Agric. J., 46, 3-45.
12. LAHAV (E.). (1970).
The role of plant analysis and metabolic indicators in the determination of potassium levels in the banana plant. Ph. D. thesis, Hebrew University, Jerusalem (English summary).
13. MARTIN-PRÉVEL (P.), LACOEUILHE (J.J.) et MARCHAL (J.). (1969).
Orientations du diagnostic foliaire du bananier.
Fruits, 24, 153-161.
14. MARTIN-PRÉVEL (P.) et MONTAGUT (G.). (1966).
Fonctions des divers organes dans l'assimilation de P, K, Ca, Mg.
Fruits, 21, 395-416.
15. MARTIN-PRÉVEL (P.) et TISSEAU (Renée). (1967).
Gradients d'intensité respiratoire dans les feuilles de bananier.
Fruits, 21, 489-494.
16. MONTAGUT (G.), MARTIN-PRÉVEL (P.) et LACOEUILHE (J.J.). (1965).
Nutrition minérale comparée dans six essais.
Fruits, 20, 398-410.
17. NIGHTINGALE (G.T.). (1957).
Potassium and calcium in relation to nitrogen metabolism.
Bot. Gaz., 98, 725-734.
18. SKUTCH (A.F.). (1930).
On the development and morphology of the leaf of the banana (*Musa sapientum* L.).
Am. J. Bot., 17, 252-271.
19. STEYN (W.J.A.). (1961).
The errors involved in sampling of citrus and pineapple plants for leaf analysis purposes,
in : *Plant Analysis and Fertilizer Problems*, ed. by Reuther W., *Amer. Inst. Biol. Sci.*, Washington D.C., p. 409-430.
20. TUKEY (H.B.) (1962).
The loss of organic and inorganic materials by leaching from leaves and other above ground plant parts,
in : *Radioisotopes in Soil Plant Nutrition Studies.* Int. Atomic Energy Agency. Vienne (Autriche), p. 289-302.
21. TWYFORD (I.T.) and COULTER (J.K.) (1964).
Foliar diagnosis in banana fertilizer trials
in : *Plant Analysis and Fertilizer Problems* ed. by Bould C. et al. *Amer. Soc. Hort. Sci.*, Bruxelles p. 357-370.
22. TWYFORD (I.T.) and MOSS (P.). (1962).
Leaf analysis. Banana Investigations.
Rep. Regional Res. Center, Univ. W.I. St Augustine, Trinidad, n°7, p. 28-31.
23. VON UEXKUELL (H.R.) (1968).
Potassium nutrition of tropical crops,
in : *Proc. of the Symp. on the Role of Potassium in Agriculture*, ed. by Kilmer, V.J. et al., Alabama (USA), p. 407-412.
24. WALMSLEY (D.) and TWYFORD (I.T.). (1968).
The translocation of phosphorus within a stool of Rubusta banana.
Trop. Agric., 45, 229-233.

