

LA NUTRITION EN CHLORE DU PALMIER A HUILE ET DU COCOTIER (1)

THE CHLORINE NUTRITION OF OIL PALM AND COCONUT (1)

M. OLLAGNIER

R. OCHS

Directeur des Recherches Agronomiques

Directeur du Département Agronomie

Institut de Recherches pour les Huiles et Oléagineux

Ce n'est que récemment que le chlore a été introduit dans la classification des éléments essentiels bien que l'intérêt qu'on lui porte soit très ancien. Des réponses ont été observées au champ sur le tabac, les tomates, l'orge, le maïs, la betterave à sucre et le coton notamment (TISDALE *et al.* 1966).

L'Institut de Recherches pour les Huiles et Oléagineux (I. R. H. O.), qui exerce des activités de recherches agronomiques et de coopération dans la zone intertropicale en Afrique, en Amérique, en Océanie et en Asie, vient de mettre en évidence le rôle important joué par le chlore dans la nutrition du palmier à huile et du cocotier.

Il est maintenant démontré que les effets positifs attribués au potassium sont quelquefois dus au chlore.

Les résultats obtenus permettront d'améliorer la nutrition minérale en tenant compte du chlore et se traduiront en pratique par des augmentations de production. La politique de fumure minérale sera modifiée en fonction du niveau de nutrition en chlore par un choix judicieux de l'anion des sels utilisés comme engrais.

* * *

C'est grâce aux difficultés rencontrées dans l'interprétation d'une expérience d'engrais en Colombie que le rôle du chlore a pu être mis en évidence. C'est la raison pour laquelle cette expérience de base sera décrite au début de cette note.

I. — PALMIER A HUILE

A. Mise en évidence d'une déficience en chlore.

L'essai, réalisé dans le bassin du Magdalena sur des formations alluviales récentes, argilo-limoneuses et fertiles, a été commencé en 1963.

It is only recently that chlorine has been included in the category of essential elements, although interest in it is very long-standing. Responses have been observed in the field on tobacco, tomatoes, barley, corn, sugar beet and cotton in particular (TISDALE et al. 1966).

The Institut de Recherches pour les Huiles et Oléagineux (I. R. H. O.), which pursues its work of agronomic research and cooperation in the intertropical zone in Africa, America, Oceania and Asia, has just exposed the important part played by chlorine in oil palm and coconut nutrition.

It has now been shown that the positive effects attributed to potassium are sometimes due to chlorine.

The results obtained will enable mineral nutrition to be improved whilst taking chlorine into account, and will be translated in the practical sphere as increases in yield. The mineral manuring policy will be modified in function of the level of chlorine nutrition by a judicious choice of the anion of the salts used as fertilizers.

* * *

It is owing to the difficulties encountered in interpreting a fertilizer experiment in Colombia that it was possible to bring the role of chlorine to light. For this reason the basic experiment will be described at the beginning of this note.

I. — OIL PALM

A. Detection of a chlorine deficiency.

Realised in the Magdalena river basin on recent alluvial formations, fertile silty clays, this trial was started in 1963.

(1) Communication présentée à l'Académie d'Agriculture par M. S. HÉNIN.

(1) Communication presented to the Academy of Agriculture, France, by Mr. S. HÉNIN.

C'est une expérience factorielle classique N, K, Mg 3³ où N est appliqué sous forme de sulfate d'ammonium, K sous forme de chlorure de potassium et Mg sous forme de sulfate de magnésium.

On observe, à partir de 1967, que le chlorure de potassium provoque une augmentation sensible et significative des productions, et une diminution faible, mais elle aussi significative des teneurs en potassium de la feuille, à partir d'un niveau de base assez peu différent du niveau critique de 1 p. 100 retenu par l'I. R. H. O. pour l'interprétation de ses expériences.

Par contre, le chlorure de potassium augmente les teneurs en chlore de la feuille; il semble donc que l'amélioration de production obtenue grâce à cet engrais puisse être attribuée à l'action du chlore plutôt qu'à celle du potassium (Tabl. I).

It was a standard factorial experiment, N, K, Mg, 3³, with N applied in the form of ammonium sulphate, K as potassium chloride and Mg as magnesium sulphate.

From 1967 onwards it was observed that potassium chloride provoked an appreciable and significant increase in yields, and a small, but equally significant, fall in the potassium levels of the leaf from a base level little different from the critical level of 1 % retained by the I. R. H. O. for the interpretation of its experiments.

On the other hand potassium chloride increases the Cl level in the leaf, and it would seem therefore that the improvement in yield obtained with this fertilizer may be attributed to the action of chlorine rather than to that of potassium (Table I).

TABLEAU I
Données de l'expérience de Colombie

TABLE I
Data from the Colombian experiment

	Rendements kg/arbre/an Yields kg/tree/year		Teneurs en potassium % Potassium levels %		Teneurs en chlore % Chlorine levels %	
	1968/69	1969/70	1969	1970	1969	1970
	KCl 0	172	156	1,07	0,94	0,270
KCl 1	195*	172*	1,00*	0,88**	0,485**	0,479**
KCl 2	190	172*	1,00*	0,87**	0,585**	0,531**
D. s. } 5 %	19*	12*	0,062*	0,035*	0,089*	0,082*
S. d. }						

L'examen des relations production-teneur sur les 27 résultats parcellaires permet de confirmer cette hypothèse car il existe en effet une corrélation positive et significative entre la production et la teneur en chlore ($r = +0,67^{**}$), (fig. 1) alors qu'il n'existe aucune liaison entre production et teneur en potassium (fig. 2).

En passant de 0,2 à 0,5 p. 100 de chlore dans la feuille, le gain de production est de 24 kg de régimes par arbre, équivalant à 700 kg d'huile par ha et par an.

Le niveau de production déjà élevé (20 à 25 t de régimes/ha) pour les teneurs les plus faibles en chlore (0,150 à 0,200) et la réponse des rendements de l'ordre de 12 p. 100 seulement font supposer que la courbe liant les rendements et les teneurs a une pente très forte à l'origine.

Sur cette même plantation, la déficience en chlore a été prouvée dans deux autres expériences :

— une expérience factorielle N, K, Mg, B, 3⁴ où six mois après la première application de chlorure de potassium, on retrouve une baisse du contenu en potassium dans la feuille, une élévation des teneurs en chlore et un effet favorable du chlorure de potassium sur le poids moyen des régimes au bout de 12 mois ;

*A study of the yield-element levels relationships for the 27 plot results enables this hypothesis to be confirmed, as there is in effect a positive and significant correlation between yield and the chlorine level ($r = +0.67^{**}$), (fig. 1), whilst there is no connection between yield and potassium level (fig. 2).*

In passing from 0.2 to 0.5 % chlorine in the leaf the gain in yield is 24 kg of bunches per tree, the equivalent of 700 kg oil per hectare and per year.

The already high level of yield (20-25 tons of bunches, ha) for the lowest chlorine levels (0.150-0.200), and the yield response of the order of 12 % only, suggest that the curve linking yields and levels rises very sharply at the beginning.

On the same plantation the chlorine deficiency has been proved in two other experiments :

— a factorial experiment, N, K, Mg, B, 3⁴, where six months after the first application of potassium chloride we find a fall in the potassium level in the leaf, a rise in the chlorine levels and a favourable effect of potassium chloride on the average bunch weight at the end of twelve months ;

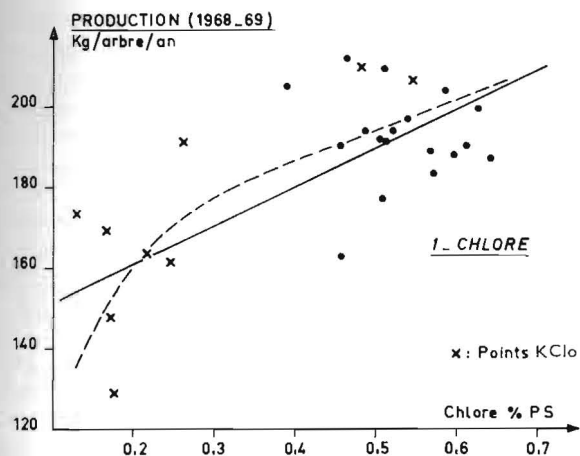


FIG. 1.

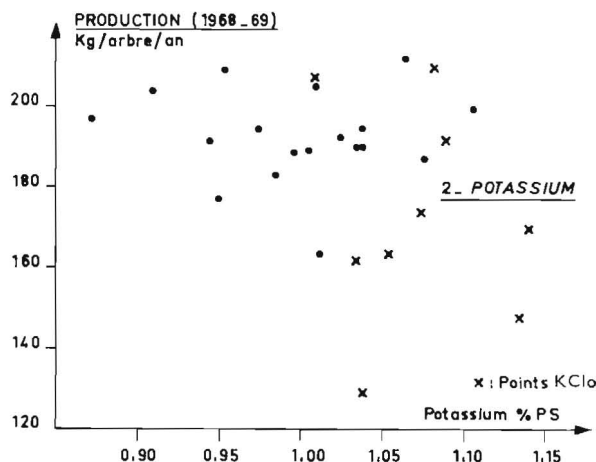


FIG. 2.

FIG. 1 et 2. — SA-CP 1, San Alberto (Colombie) : relations entre teneurs et productions.

Les croix représentent les points des parcelles témoins sans chlore et sans potassium ; la présence de deux parcelles témoins naturellement mieux pourvues de chlore doit être notée ; elles ont des productions élevées et confirment donc la liaison chlore-production. Ces deux parcelles avaient déjà en 1966 (3 ans) une croissance plus rapide que les sept autres — circonférence au collet = 254 cm contre 213 cm — sans que l'on observe d'autre part de différences notables de teneurs pour les éléments, N, P, K, Ca, Mg.

FIG. 1 & 2. — SA-CP 1, San Alberto (Colombia) : relationships between levels and yields.

The crosses represent the points of the control plots without chlorine and without potassium ; the presence of two control plots naturally better off for chlorine will be noted ; they have high yields and confirm in this way the link between chlorine and production. In 1966 (3 years) these two plots had already manifested a more rapid growth than the seven others — circumference at the base of the trunk = 254 cm as against 213 cm — without on the other hand, any appreciable differences in the levels for the element N, P, K, Ca, Mg being observed.

— une expérience de mode d'application d'engrais potassique (volée dans la couronne ou dans l'interligne, enfouissement), effectuée sur de grandes parcelles de 10 ha, dans laquelle les doses les plus fortes de potassium entraînent également une baisse de la nutrition en potassium et une augmentation des teneurs en chlore en corrélation positive avec les rendements.

Elle est enfin confirmée par l'existence de corrélations positives entre les teneurs en chlore des échantillons de diagnostic foliaire prélevés par blocs de 10 ha pour contrôler la nutrition en plantation industrielle, et leurs productions.

On a procédé, dans une 2^e phase, à des vérifications sur d'autres expériences effectuées par l'I. R. H. O. ou par d'autres organismes de recherches.

Deux expériences conduites par l'I. R. H. O. et trois réalisées par UNILEVER au Congo et au Cameroun présentent des caractéristiques très proches des expériences de Colombie :

— teneurs en potassium dans la feuille voisine du niveau critique (1 p. 100) aussi bien sans potassium qu'en présence de doses croissantes de chlorure de potassium ;

— effet positif et significatif du chlorure de potassium sur les rendements voisins de 10 p. 100, qui conduit les plantations à inclure cet engrais dans les programmes industriels de fertilisation ;

— teneur en chlore dans les feuilles portée de 0,22/0,35 sans KCl à 0,55/0,63 p. 100 avec KCl.

— an experiment on the method of application of potassic fertilizer (scattered in a ring round the foot of the palm, in the interline, dug in), carried out on large 10 ha plots, where the heaviest doses of potassium also brought about a drop on the potassium nutrition and an increase in the chlorine levels in positive correlation with yields.

Finally, it is confirmed by the existence of positive correlations between the chlorine levels in the samples for foliar diagnosis taken for the 10 ha blocks in order to control nutrition and yields in industrial plantations.

In a second phase a check was made on other experiments conducted by the I. R. H. O. or by other research bodies.

Two experiments run by the I. R. H. O. and three carried out by Unilever in the Congo and the Cameroons presented characteristics approaching those of the Colombian experiments :

— potassium levels in the leaf close to the critical level (1 %), both without potassium and with increasing doses of that element ;

— a significant and positive effect of potassium chloride on yields, close to 10 %, which induces plantations to include this fertilizer in industrial manuring programmes ;

— the chlorine level in the leaf raised from 0.22/0.35 % without KCl to 0.55/0.63 % with KCl.

B. Inventaire des teneurs en chlore.

De nombreux sondages ont été effectués dans différentes parties du monde sur des échantillons prélevés à l'occasion des contrôles annuels de nutrition de plantations industrielles, ou issus d'expériences de fumure.

La gamme des teneurs est très étendue : moins de 0,05 p. 100 à plus de 0,9 p. 100.

Dans les zones situées au centre des continents comme le Congo, on constate fréquemment que les teneurs en chlore dans les feuilles sont très faibles (moins de 0,1 p. 100) et qu'elles sont associées à des jaunissements qu'il n'est pas possible d'expliquer par l'analyse des éléments majeurs ; il s'agit donc très probablement d'une manifestation de la déficience en chlore.

Des teneurs également faibles se rencontrent en Indonésie sur des sols alluviaux ; au Brésil, sur des sols ferrallitiques de la région de Belem ; au Pérou, dans le bassin amazonien où il est étonnant d'observer sur la même plantation des teneurs inférieures à 0,1 p. 100 sur certains blocs, alors qu'elles sont comprises entre 0,5 et 0,6 p. 100 sur les autres.

Les valeurs obtenues dans les stations de l'I. R. H. O. en Côte-d'Ivoire (La Mé, Dabou) et au Dahomey (Pobé) se placent au contraire dans la partie la plus élevée de la gamme (0,6 à 0,8 p. 100). Il est vraisemblable que le chlore se comporte comme les autres éléments minéraux et qu'il existe une teneur optimale, au-delà de laquelle des effets dépressifs sont à craindre. Dans ces conditions, il paraît donc prudent de limiter les apports de chlorure pour éviter d'atteindre la zone d'excès.

C. Répercussions sur les formules de fertilisation.

Dans les zones de culture où l'analyse foliaire révélera des teneurs faibles en chlore, on utilisera comme par le passé du chlorure de potassium pour combattre les carences potassiques, mais en présence d'une carence magnésienne accompagnée d'un niveau de potassium suffisamment élevé dans les feuilles et dans le sol (Congo, Colombie, Indonésie), on remplacera le sulfate de magnésium traditionnellement recommandé par du chlorure de magnésium.

Par contre, en présence de teneurs élevées, la préférence sera donnée aux sulfates de potassium et de magnésie.

II. — COCOTIER

Les premières recherches ont été effectuées sur 3 expériences d'engrais de la station I. R. H. O. de Port-Bouet en Côte-d'Ivoire.

L'une d'entre elles est particulièrement intéressante car elle étudie le chlorure de sodium dans un dispositif factoriel 2⁵ comportant également le sulfate d'ammonium, le phosphate bicalcique, le chlorure de potassium et le sulfate de magnésium (32 combinaisons entre présence et absence de N P K Ca Mg — plantation 1954).

B. Inventory of chlorine levels.

Numerous investigations have been made in different parts of the world into samples taken on the occasion of an annual nutritional control on industrial plantations or coming from manuring trials.

The range of contents is extensive — from less than 0.05 % to more than 0.9 %.

In regions like the Congo, lying in the middle of a continent, it is frequently noted that the Cl levels in the leaves are very low (less than 0.1 %) and that they are associated with yellowings which it is not possible to explain by an analysis of the major elements ; it is therefore very probable that this is a manifestation of a chlorine deficiency.

Equally low levels are found in Indonesia on alluvial soils, in Brazil on ferrallitic soils in the Belem region, in Peru in the Amazon basin where it is surprising to find, on the same plantation, blocks where the levels are less than 0.1 % and others where they are from 0.5 to 0.6 %.

On the other hand, the values obtained on the I. R. H. O. Stations in the Ivory Coast (La Mé, Dabou) and in Dahomey (Pobé) lie in the upper part of the range, (0.6-0.8 %). It is likely that chlorine behaves like other mineral elements and that there is an optimum level beyond which depressive effects are to be feared. In these conditions it would appear wiser to limit chloride applications to avoid moving into the excess zone.

C. Repercussions on fertilizer formulae.

In growing areas where leaf analysis reveals low chlorine levels, potassium chloride will be used as in the past to combat potassic deficiencies, but in presence of a magnesium deficiency accompanied by a sufficiently high potassium level in the leaf and the soil (Congo, Colombia, Indonesia), the magnesium sulphate traditionally recommended will be replaced by magnesium chloride.

On the other hand, in the presence of high levels, preference will be given to potassium and magnesium sulphates.

II. — COCONUT PALM

The first research was carried out on three fertilizer experiments on the I. R. H. O. Station at Port-Bouet, Ivory Coast.

One of them is particularly interesting, as it studies sodium chloride in a factorial 2⁵ pattern also comprising ammonium sulphate, bicalcic phosphate, potassium chloride and magnesium sulphate (32 combinations between presence and absence of N, P, K, Ca and Mg — planting in 1954).

Dès les premières récoltes, on avait observé un effet spectaculaire du KCl (300 p. 100), accompagné d'un effet significatif du NaCl (10 p. 100) que l'on avait attribué à l'action du sodium, substitut possible du potassium dans la plante. Or, en reprenant les résultats d'analyse foliaire de l'époque, on constate que le NaCl diminuait les teneurs en Na de la feuille en absence de KCl. L'hypothèse « sodium, substitut du potassium » doit donc être écartée et remplacée par l'hypothèse d'une action due au chlore.

En 1962, on décida de généraliser les apports de KCl à l'ensemble des 32 parcelles car les 16 parcelles sans potassium étaient menacées de misère physiologique. Cette modification se traduisit en quelques années par une diminution de l'effet NaCl qui devint non significatif (± 5 p. 100) ; tout se passe comme si la généralisation des apports de chlore par KCl supprimait l'action possible du chlore apporté par NaCl.

Pourtant en 1968, l'analyse du chlore dans les feuilles montre que les teneurs sont encore très dispersées (entre 0,5 p. 100 et 0,8 p. 100) et qu'elles sont en corrélation positive avec la production, alors que la corrélation production/teneur en potassium est devenue négative et qu'il n'existe aucune liaison entre teneurs en sodium et production. On retrouve ces mêmes résultats dans deux autres expériences de Port-Bouet.

Dans cette **gamme de teneurs élevées**, il est toutefois difficile de conclure à la spécificité de l'effet du chlore sur la production car cet anion est lié, par ailleurs, à la somme des cations dans la feuille et peut ainsi jouer, en partie du moins, un rôle de neutralisation du plasma végétal dont on ne peut dire s'il est passif ou utile.

On a signalé des réponses au chlorure de sodium sur des cocotiers bien alimentés en potassium (O. R. LUNT, 1966). En Inde (CHILD, 1964 et MENON, 1957) et en Colombie, l'apport de sel marin aux cocoteraies est une pratique utilisée couramment par les planteurs. Il est possible que, dans ces conditions, l'effet du chlorure de sodium que l'on attribuait au sodium soit dû au chlore. Les premières analyses faites par l'I. R. H. O. en Colombie donnent en effet des teneurs très faibles (inférieures à 0,1 p. 100) dont la correction devrait procurer d'importantes augmentations de rendement.

III. — DISCUSSION

En raison des teneurs élevées qui paraissent nécessaires à l'obtention des productions maximales (0,5 à 0,6 p. 100 dans la feuille), on hésite à placer le chlore dans la catégorie des oligo-éléments comme l'a fait BROYER (1954). En effet, le niveau critique est supérieur à celui de plusieurs éléments majeurs comme le phosphore et le magnésium ; il est du même ordre de grandeur que celui des autres éléments majeurs tels que l'azote, le potassium et le calcium.

Un hectare de palmiers produit chaque année 25 t de régimes frais ; il élabore (selon NG SIEW KEE *et al.* 1967/68) 33 t de matière sèche par an, ce qui corres-

From the first harvests on, a spectacular effect of KCl was observed (300 %), accompanied by a significant effect of NaCl (10 %) which had been attributed to the action of sodium, possible substitute for potassium in the plant. Now, going over the leaf analysis results for the period, it can be noted that NaCl reduces the Na levels in the leaf in the absence of KCl. The hypothesis « sodium, potassium substitute » must therefore be set aside, and replaced by a hypothesis of an action due to chlorine.

In 1962 it was decided to generalize KCl applications to the 32 plots, as the 16 plots without potassium were threatened with physical deterioration. This modification manifested itself in a few years by a reduction in the NaCl effect, which became insignificant ($\pm 5\%$) ; it was as if the generalization of applications of chlorine by KCl suppressed the possible action of the chlorine provided by NaCl.

Yet in 1968 the analysis of chlorine in the leaves shows that the levels are still very scattered (between 0.5 % and 0.8 %) and that they are in positive correlation with yield, whereas the yield/potassium level correlation has become negative and there is no link between sodium levels and yield. These same results are found in two other experiments at Port-Bouet.

In this range of high levels it is nonetheless difficult to conclude in favour of the specificity of the effect of chlorine on yield, since this anion is linked elsewhere to the sum of cations in the leaf and can thus play, at least in part, a role in the neutralization of plant plasma of which it cannot be said whether it is passive or useful.

Responses to sodium chloride have been recorded on coconuts well supplied with potassium (O. R. LUNT, 1966). In India (CHILD, 1964 & MENON, 1957) and in Colombia the application of sea salt in coconut groves is current practice amongst planters. It is possible that under these conditions the effect of sodium chloride which had been attributed to sodium is in fact due to chlorine. The first analyses made by the I. R. H. O. in Colombia give very low levels, in effect (less than 0.1 %), the correction of which should lead to appreciable increases in yield.

III. — DISCUSSION

Because of the high levels which appear necessary in order to obtain maximum yields (0.5 to 0.6 % in the leaf), one hesitates to class chlorine among the trace elements as did BROYER (1954). Indeed, the critical level is higher than that of several major elements such as phosphorus and magnesium ; it is of the same order of magnitude as that of other major elements such as nitrogen, potassium and calcium.

*One hectare of palms produces 25 tons of fresh fruit bunches each year ; according to NG SIEW KEE *et al.* (1967/68), it develops 33 tons of dry matter per*

pond à un besoin annuel en chlore de l'ordre de 40 kg/ha et au moins de 25 kg/ha si l'on tient seulement compte des exportations.

Dans l'expérience de Colombie, 140 kg de chlorure de potassium permettent de corriger la déficience en portant les teneurs à 0,5 p. 100 dans la feuille ; ils apportent en effet une quantité de chlore (29 kg/ha), proche des besoins estimés de façon approximative à partir des données disponibles.

Il n'est donc pas étonnant d'observer des carences en chlore sur le palmier à huile, du moins dans les régions continentales où les pluies sont très pauvres.

IV. — CONCLUSION

On propose donc d'admettre le chlore au rang des éléments majeurs indispensables à la production du palmier à huile et du cocotier ; il en sera tenu compte à l'avenir, qu'il s'agisse des études de nutrition minérale ou des recommandations de fumure.

year, which corresponds to an annual chlorine requirement in the neighbourhood of 40 kg/ha, and at least 25 kg/ha if only the exportations are taken into account.

In the Colombian experiment, 140 kg potassium chloride enabled the deficiency to be corrected by raising the leaf contents to 0.5 %; effectively, this application provides the quantity of chlorine (29 kg/ha) approaching the approximately estimated requirement based on the available data.

It is not surprising to observe chlorine deficiencies in the oil palm, at least in continental regions where the rainfall is poor.

IV. — CONCLUSION

It is therefore proposed that chlorine be admitted into the ranks of essential major elements for oil palm and coconut yield ; it will be taken into account in the future, whether mineral nutrition studies or manuring advice are concerned.

REFERENCES

- BROYER T. C., CARLTON A. B., JOHNSON C. M. et STOUT P. R. 1954. — Chlorine, a micronutrient element for higher plants. *Plant Physiology*, **29**, p. 526-532.
- CHILD R. 1964. — Coconuts. Tropical Agriculture Series. Ed. by Longmans, London, VII + 216 p.
- LUNT O. R. 1966. — Diagnostic criteria for plants and soils (chapter 27, Sodium). Ed. by H. D. Chapman, University of California, U. S. A., 748 p.
- MENON K. P. V. et PANDALAI K. M. 1957. — The coconut palm, a monograph. Ed. by Indian Central Coconut Committee, Bombay, India, 384 p.
- NG SIEW KEE, TIAMBOO S. 1967. — Nutrients contents of oil palms in Malaya. I. Nutrients required for reproduction fruit bunches and male inflorescence. *The Malaysian Agricultural Journal*, **46**, n° 1, p. 3-45.
- NG SIEW KEE, TIAMBOO S. et DE SOUZA P. 1968. — Nutrients contents of oil palms in Malaya. II. Nutrients in vegetative tissues. *The Malaysian Agricultural Journal*, **46**, n° 3, p. 332-391.
- TISDALE S. L. et NELSON N. L. 1966. — Soil fertility and fertilizers. Ed. by The Macmillan Company, New York, 694 p.

