

Effets de la nutrition sur la production. Progrès génétiques et effets de la nutrition sur la qualité de l'huile de palme (1)

M. OLLAGNIER (2), J. OLIVIN (3)

Le présent article est la suite de l'exposé, paru dans le numéro précédent de la Revue « Oléagineux », consacré aux problèmes de nutrition et de fertilisation. Après l'azote, le phosphore, le potassium et le chlore, sont abordés les problèmes du magnésium, des effets de la nutrition minérale et du matériel végétal sur la qualité de l'huile de palme.

(suite)

D. — NUTRITION MAGNÉSIEENNE

Les besoins en magnésium du palmier à huile sont 5 fois moindres que ses besoins en potassium.

La réponse à la fertilisation magnésienne dépend assez étroitement de la nature des sols. L'absorption du magnésium est ainsi facile pour les palmiers plantés sur les sols ferrallitiques désaturés, tandis qu'elle est beaucoup plus irrégulière, voire inexistante, dans le cas des sols formés sur des matériaux d'origine alluviale ou volcanique.

I. — La nutrition magnésienne sur les sols formés sur les sols ferrallitiques

Les sols formés sur les sédiments sableux tertiaires du Continental terminal.

Cameroun.

Une expérience réalisée sur les « acid sands » du Cameroun montre, d'une part, la fragilité de la nutrition magnésienne dans ce type de sol, d'autre part, la facilité avec laquelle elle peut être corrigée.

L'expérience LD-CP 6 (plantation 1962) est installée sur une phase particulièrement désaturée des sables tertiaires. Elle a étudié, de 1967 à 1976, 3 doses annuelles de KCl (0, 1 et 2 kg/arbre) et 3 doses de kiésérite (0, 0,5 et 1 kg).

Il est rapidement apparu, dès 1969/70 et surtout à partir de 1974, que les teneurs de chacun des éléments Mg et K baissaient fortement d'une année à l'autre en l'absence de fumure, mais aussi sous l'effet antagoniste de l'engrais apportant l'autre élément. Les applications de KCl ou de kiésérite, apportés séparément, entraînaient donc une nutrition minérale très déséquilibrée, qui empêchait ces engrais d'agir sur la production. L'analyse du tableau de contingence de la production (Tabl. XIX) pour la période 1972/76 montre que les meilleures productions ont été obtenues avec les combinaisons 1 ou 2 kg de KCl avec 1 kg de kiésérite pour des teneurs foliaires proches des niveaux optimaux habituels (K = 1 p. 100, Mg = 0,240 p. 100). LD-CP 6 est une des rares expériences à confirmer le

TABLEAU XIX. — Cameroun (Cameroun) — LD-CP 6 — Teneurs foliaires et production (Leaf contents and yield)

KCl (kg)	Kg Kiésérite/arbre/an (/tree/year)						Moyennes (Means)
	0	0,5	1	0	0,5	1	
0	0,826 0,195	0,670 0,299	0,657 0,318	62	69	61	64
1	1,207 0,126	1,003 0,199	0,988 0,247	71	82	84	79*
2	1,318 0,129	1,178 0,188	1,082 0,238	68	71	97	79*
Teneurs moyennes K et Mg, de 1974 à 76 (Mean K and Mg contents, 1974-1976)				67	74	80*	
				Kg régimes/arbre (bunches/tree) Moyenne (Mean) 1972/76			

niveau optimal de 0,240 pour Mg qui est contredit par maints autres essais (Indonésie, Colombie, Equateur). Ces résultats conduisent à recommander une fumure annuelle composée de 1,5 kg de KCl et 1 kg de kiésérite par arbre pour corriger les 2 déficiences qui apparaissent ensemble à partir d'un certain âge sur ce type de sol.

II. — La nutrition magnésienne sur les sols d'origine alluviale

1. — Les sols alluviaux de Colombie.

Plusieurs expériences étudient la nutrition magnésienne à San Alberto (Colombie). Les effets d'une fumure magnésienne sur les teneurs sont faibles ou inexistantes. Dans l'expérience SA-CP 1, où les teneurs natives sont proches de 0,240, il faut attendre une dizaine d'années pour obtenir une augmentation qui n'est significative que par intermittence, et sans conséquence sur la production. De même dans SA-CP 2, avec un teneur du témoin de 0,240, on ne note aucun effet de la kiésérite sur la nutrition minérale. Même dans les expériences SA-CP 3 et SA-ES 53, où les teneurs natives sont pourtant inférieures à 0,200, il n'y a aucun effet de la fumure magnésienne. Cette « inertie » de

(1) Communication présentée au 4^e Programme Advisory Committee (PORIM), 11-21 avril 1984, Kuala Lumpur (Malaisie).

(2) Directeur des Recherches à l'I.R.H.O., 11, Square Pétrarque, 75116 Paris (France).

(3) Agronome au Département Agronomie I.R.H.O., GERDAT, B.P. 5035, 34032 Montpellier (France).

la nutrition magnésienne est probablement, comme pour la nutrition potassique (§ C-II-1, a), à mettre au compte de la « forte pression calcique » de la solution de sol, due aux teneurs très élevées en Ca^{++} du complexe absorbant.

2. — Les sols alluviaux du Pérou.

Les apports d'engrais magnésiens sont pratiquement sans effet sur la nutrition magnésienne et la production dans l'expérience PE-CP 1 (plantation 1963) où la teneur foliaire native en Mg (moyenne 1980/81) est de 0,230. Par contre dans l'expérience PE-CP 2 (plantation 1976) les teneurs (moyennes 1980/82) des objets 0, 1 et 2 Kg/arbre/an de dolomie sont respectivement de 0,217-0,231-0,239*. L'augmentation significative de teneurs, procurée par la plus forte dose de dolomie, n'a pas entraîné pour autant d'augmentation de production pour la période 1980/82.

Les teneurs foliaires en magnésium sont plus élevées lorsque l'engrais magnésien est apporté avec des chlorures plutôt qu'avec des sulfates. Ainsi, dans le PE-CP 2 les teneurs en magnésium (moyenne 1979/82) sont respectivement de 0,240 et de 0,219**, selon la nature de l'engrais accompagnateur.

III. — La nutrition magnésienne sur des sols formés sur des matériaux d'origine volcanique

1. — Les sols volcaniques de Sumatra.

Six des 7 expériences déjà citées à propos de la nutrition potassique (Tabl. XVI) étudient la nutrition magnésienne, et ses effets sur la production, d'arbres âgés de 3 à 23 ans. Ce tableau montre que l'on peut grouper les expériences en fonction des teneurs en Mg^{++} du complexe absorbant du sol (Fig. 6).

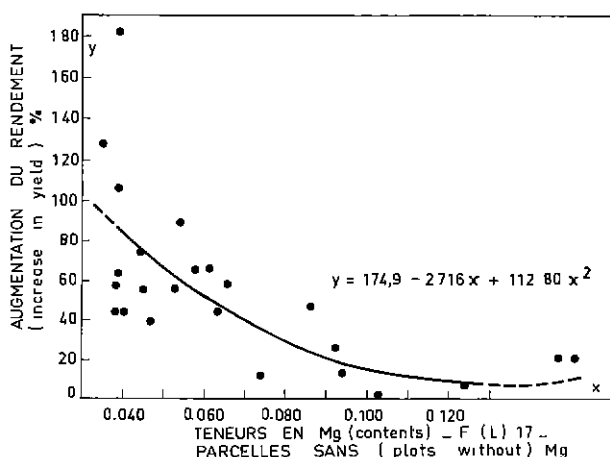


FIG. 6. — Indonésie (AL-CP2). Augmentation du rendement après correction des teneurs en Mg (Increase in yield after correction of Mg content). — 3 campagnes (seasons) : 1974/75-1976/77 [n - (n + 1)]. — Teneurs moyennes (n - 1) + n correspondent à chaque saison (Mean contents (n - 1) + n correspond to each season). — Rendement moyen (Kg régimes/arbre/an) (Mean yield (kg bunches/tree/year)).

- sans (without) kieserite : 103,
- avec (with) kieserite : 153.

a) AL-CP 1 et AL-CP 2 :

Les teneurs en Mg^{++} du complexe absorbant sont très faibles (respectivement 0,12 meq et 0,06 meq), mais pour-

tant les palmiers s'y comportent de façons très différentes :

— dans le cas de AL-CP 2, la teneur native en Mg d'arbres de 17 à 23 ans d'âge n'atteint que 0,06 p. 100, et la réponse aux engrais magnésiens est forte et même spectaculaire,

— dans le cas de AL-CP 1, la teneur native en Mg d'arbres âgés de 14 à 23 ans atteint 0,22-0,20 (selon l'âge), et les engrais n'ont pas d'effet, tant sur les teneurs que sur les productions.

La différence entre les teneurs du sol en Mg^{++} ainsi que celles existant entre les rapports $\frac{\text{Mg}^{++}}{\text{K}^{+}} \text{ p. 100}$ ou $\frac{\text{Mg}^{++}}{\text{K}^{+} + \text{Ca}^{++}} \text{ p. 100}$ (8 pour AL-CP 1 et seulement 3 pour AL-CP 2), bien qu'existant pour des valeurs faibles, suffit-elle pour expliquer ces différences de comportement ?

b) LB-CP 1 et AK-CP 1 :

Avec des teneurs en Mg^{++} du complexe absorbant plutôt faibles et égales à 0,22 meq, et avec des rapports $\frac{\text{Mg}^{++}}{\text{K}^{+} + \text{Ca}^{++}} \text{ p. 100}$ égaux à 15 et 18, ces essais ne donnent pas de réponse à la fumure magnésienne.

c) BB-CP 3 et TG-CP 2 :

Ces expériences, pour lesquelles on n'observe pas non plus de réponse à la fumure magnésienne, ont des teneurs en Mg^{++} du complexe absorbant élevées et voisines de 0,60 meq avec des rapports $\frac{\text{Mg}^{++}}{\text{K}^{+} + \text{Ca}^{++}} \text{ p. 100}$ égaux à 26/27.

Dans tous les cas, à l'exception de l'expérience AL-CP 2, les teneurs foliaires natives en magnésium, comprises entre 0,200 et 0,230, ne sont jamais très élevées. Elles n'atteignent même que 0,180 pour BB-CP 3 malgré la « richesse » en Mg^{++} du complexe absorbant du sol de cette expérience.

2. — Les sols volcaniques d'Equateur.

L'expérience TT-CP 1 a été mise en place en 1974, sur une plantation de l'année, sur des sols à caractère andique formés sur des sédiments volcaniques profonds (Tabl. XX).

TABLEAU XX. — Equateur (Ecuador)
— TT-CP 1 — Sol (Soil)

Couche superficielle (Top Soil) : 0-20 cm		
Argile (Clay)	p. 100	4
Limon (Silt)	p. 100	59
Sables fins (Fine sand)	p. 100	36
Sables grossiers (Coarse sand)	p. 100	1
Carbone	p. 100	3,0
Azote total (Nitrogen)	p. 100	0,3
P total	ppm	1 060
P assimilable (Olsen)	ppm	87
C.E.C.	meq/100 g	23,2
K^{+}	meq/100 g	1,9
Ca^{++}	meq/100 g	12,2
Mg^{++}	meq/100 g	3,2
pH eau (water)		6,3

Le sol se caractérise donc par une C.E.C. et des teneurs en cations échangeables exceptionnellement élevées, dont celle du Mg^{++} échangeable. Le rapport $\frac{Mg^{++}}{K^{+} + Ca^{++}}$ p. 100 est de 23 p. 100, assez comparable aux valeurs trouvées pour les expériences BB-CP 3 et TG-CP 2 de Sumatra.

TT-CP 1 étudie, entre autres, les effets de 3 doses de sulfate de magnésium dont un niveau 0. Les doses des niveaux 1 et 2 ont été croissantes depuis 1974 et ont atteint 4 kg de $Mg SO_4$ /arbre en 1980. Malgré des doses aussi élevées et une teneur foliaire native très faible (0,124, moyenne 1978/83, 4-9 ans), les applications de $Mg SO_4$ n'ont jamais d'effet sensible et continu sur les teneurs des autres traitements. Il n'y a évidemment jamais eu d'effet sur la production et, malgré la très faible teneur foliaire en Mg, le témoin a produit 167 kg de régimes/arbre/an, soit 22,5 t/ha en moyenne de 1978 à 1983.

On peut rapprocher ces résultats de ceux obtenus dans l'expérience voisine TT-CP 2 plantée en 1977 sur des sols dont le profil se caractérise essentiellement par un manteau de matériaux volcaniques de 40 à 60 cm d'épaisseur seulement, reposant sur des alluvions de sables fins avec nappe phréatique. Le complexe absorbant (couche 0-20 cm) a des teneurs en cations échangeables moins élevées que celles du sol de TT-CP 1 ($Ca^{++} = 3,4$ meq ; $Mg^{++} = 1,75$ meq ; $K^{+} = 1,12$ meq ; $\frac{Mg^{++}}{K^{+} + Ca^{++}}$ p. 100 = 39) (Tabl. XXI).

TABLEAU XXI. — Equateur (Ecuador) — Réponse à la fumure magnésienne au jeune âge (Response to magnesium fertilizer of young palms)

Niveau d'engrais magnésiens (Levels of magnesium fertilizer)	0	1	2
TT-CP 1 - Mg p. 100 (moyenne 4/5 ans)	0,138	0,141	0,145
TT-CP 2 - Mg p. 100 (mean 4/5 years)	0,174	0,195**	0,201**
Kg régimes/arbre - moyenne 5/6 ans (bunches/tree - mean 5/6 years)	210(100)	227(108)	227(108)

Dans cette situation, les teneurs natives du témoin sont supérieures à celles du témoin du TT-CP 1 et surtout on note dès le jeune âge une réponse des teneurs foliaires et de la production à la fumure magnésienne (essentiellement chlorure de magnésium : 0, 750 et 1 500 g/arbre/an). La dose intermédiaire procurant déjà les teneurs et productions maximales.

La différence de comportement des arbres entre les 2 sites s'explique peut-être par une meilleure alimentation en eau dans le cas de TT-CP 2.

Il n'est pas encore possible de donner une valeur du niveau foliaire optimal en Mg, d'après les résultats de TT-CP 2, car les teneurs ne sont pas encore stabilisées pour cette expérience encore jeune ($Mg = 0,192$ p. 100 à 2 ans et 0,174 à 5 ans, pour la dose 1).

EFFETS DE LA NUTRITION MINÉRALE ET DU MATÉRIEL VÉGÉTAL SUR LA QUALITÉ DE L'HUILE DE PALME

La dernière partie de cette note traite de l'aspect « effet de la nutrition et progrès génétiques sur la qualité de l'huile de palme ».

A. — EFFETS DE LA NUTRITION MINÉRALE

Il existe très peu de résultats expérimentaux convaincants ou ayant une expérience pratique sur l'effet de la fertilisation sur la composition de l'huile. Citons cependant, en Malaisie, les travaux de N'Guyen Siew Kee (1973) qui montrent que les éléments potassium et calcium, qui accroissent les rendements sur tourbe, ont également tendance à augmenter la proportion d'acide oléique et, par conséquent, à améliorer la qualité de l'huile.

Ochs (1977) trouve en Côte d'Ivoire une diminution de l'indice d'iode, mesure du degré d'insaturation, sous l'effet des engrais ; la diminution porte sur l'acide oléique pour la kiésérite et sur l'acide linoléique pour le KCl.

Cependant, ces modifications sont sans commune mesure avec les variations d'ordre génétique.

B. — EFFETS DU MATÉRIEL VÉGÉTAL

1. — Variations des acides gras chez l'*Elaeis guineensis* et chez l'*Elaeis melanococca*.

L'étude des données individuelles d'analyses pour le choix des arbres n'a pas encore été réalisée d'une façon systématique. Dès maintenant cependant, quelques exemples sont susceptibles de donner une idée de la variation des divers acides gras chez *E. guineensis* et chez *E. melanococca* (oleifera).

Elaeis guineensis.

La figure 7 illustre la distribution de la somme des acides gras insaturés pour les arbres de l'autofécondation de deux arbres et de ceux du croisement de ces deux arbres. Elle montre que des valeurs supérieures à 60 pour la somme des acides gras insaturés peuvent être trouvées dans certains croisements Déli × La Mé dont la moyenne est 56, 57, voire 58.

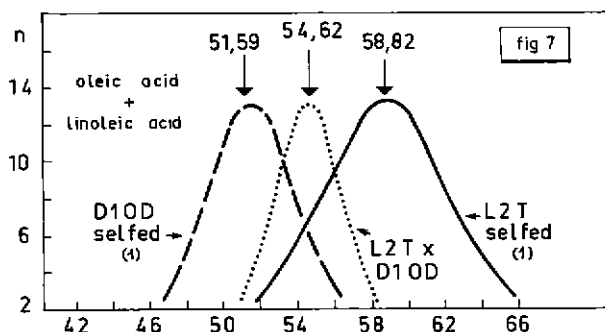


FIG. 7. — Somme des acides gras insaturés (Sum of unsaturated fatty acids). (1) autofécondé.

Les analyses individuelles donnent, par ailleurs, des indications sur les fourchettes existantes pour les divers acides gras :

Acides gras	Minimum	Maximum
Dura Déli		
C16 palmitique	33,9	53,7
C18 stéarique	2,1	10,1
C18 : 1 oléique	31,5	43,8
C18 : 2 linoléique	7,0	16,4
Tenera La Mé (Côte d'Ivoire)		
C16 palmitique	27,6	42,4
C18 stéarique	4,7	10,1
C18 : 1 oléique	38,2	56,1
C18 : 2 linoléique	5,8	12,9

Elaeis melanococca.

Chez *Elaeis melanococca*, la somme des acides gras insaturés est toujours supérieure à 60, comme l'indique le tableau XXII, qui donne les valeurs extrêmes des différents acides pour plusieurs populations.

TABLEAU XXII. — Variation chez (*in*) *Elaeis melanococca*

	Palmitique C16		Stéarique C18		Oléique C18 : 1		Linoléique C18 : 2		Insaturé (Unsaturated)		Indice d'iode (Iodine value)	
	Mini	Maxi	Mini	Maxi	Mini	Maxi	Mini	Maxi	Mini	Maxi	Mini	Maxi
Surinam	22,8	28,4	1,9	3,7	60,7	67,2	4,0	10,4	67,4	74,0	63,5	74,5
Brésil (<i>Brazil</i>)	18,4	30,5	1,0	5,9	41,6	62,6	8,0	23,0	62,8	79,1	60,5	80,2
Colombie	14,8	27,4	0,2	1,4	55,3	72,8	6,4	21,6	71,2	84,3	71,4	90,5
Panama	17,1	24,8	0,3	0,8	49,8	60,2	16,8	23,0	73,1	80,4	82,3	88,1
Costa Rica	18,6	23,4	0,3	1,0	50,0	61,5	16,9	23,0	73,7	81,0	81,6	87,9

2. — Amélioration de la composition de l'huile.

L'objectif de la sélection posé, amélioration des acides gras saturés ou des acides gras insaturés, le sélectionneur dispose de divers moyens et de plusieurs voies pour l'atteindre.

A l'évidence, la reproduction des croisements ayant une bonne composition de l'huile est un moyen sûr d'amélioration.

Cette amélioration sera accentuée par le choix des parents de ces reproductions. Les hérédités trouvées, et pour l'indice d'iode et pour la somme des acides gras insaturés, le font prévoir. Nous les rappelons :

Hérédité de la composition de l'huile

Croisement Parents	La Mé × Déli		Yangambi × Déli	
	Dura	Tenera	Dura	Tenera
Indice d'iode	0,90	—	0,82	—
Acides gras insaturés	1,20	—	0,96	—
Acide oléique	—	0,64	0,83	—

TABLEAU XXIII. — Acides gras de l'huile et de la feuille de différents croisements
(*Fatty acids in the oil and the leaf of different crosses*)

Type de croisement (Type of cross)		Déli × La Mé								Déli × Yangambi		<i>Melanococca</i> Brésil × La Mé	
Lignée-parents (Parents' family)		LM 246 L10T × D8D		D115D × L2T			L2T × D10D			LM 559 L239T × D128D		LM3123 M10D × L312P	
Age		24 ans (years)		22 ans (years)			Pépinière 8 mois (Nursery, 8 months)			12 ans (years)		Pépinière 8 mois (Nursery, 8 months)	
Acides gras (Fatty acids)	Type de lipide (Type of lipid)	Huile de palme (Palm oil)	Tri (feuilles) (Trigly.- leaves)	Huile de palme (Palm oil)	Tri (feuilles) (Trigly.- leaves)	Tri (feuilles) (Trigly.- leaves)	Huile de palme (Palm oil)	Tri (feuilles) (Trigly.- leaves)	Tri (feuilles) (Trigly.- leaves)	Huile de palme (Palm oil)	Tri (feuilles) (Trigly.- leaves)	Huile de palme (Palm oil)	Tri (feuilles) (Trigly.- leaves)
		C16 : 0	34,2	32,4	39,5	38,6	33,4	39,6	36,0	34,4	49,9	46,0	31,4
	C18 : 0	8,0	9,6	6,8	12,1	12,8	6,9	11,1	12,9	5,6	7,8	3,8	11,0
	C18 : 1	47,2	24,7	43,3	20,0	19,0	42,1	26,4	20,6	31,2	36,4	51,8	50,5
	C18 : 2	10,5	33,3	10,4	29,2	34,7	11,4	26,5	32,1	13,2	9,7	13,0	8,3
	P. 100 acides gras saturés (saturated fatty acids) (S)	42,2	42,0	46,3	50,7	46,2	46,5	47,1	47,3	55,5	53,8	35,2	41,1
	P. 100 acides gras insaturés (unsaturated fatty acids) (I)	57,7	58,0	53,7	49,2	53,7	53,5	52,9	52,7	44,4	46,1	64,8	58,8
	I/S	1,37	1,38	1,16	0,97	1,16	1,15	1,12	1,11	0,80	0,86	1,84	1,43
	Analyse (Analysis) nombre (number) (*)	Hexane 6 × 6		Hexane 6 × 6			Hexane 6 × 6			ME OH 6 × 2		ME OH 6 × 2	

(*) 6 échantillons analysés 6 fois, ou 2 (6 samples analysed 6 times - or twice).

Récemment, les premiers résultats de J. Graille et E. Biang N'Zie (Tabl. XXIII) ont fait envisager la possibilité d'un test précoce pour la composition de l'huile. Une analogie a été mise en évidence entre la proportion d'acides gras insaturés et d'acides gras saturés dans les lipides du fruit et ceux de la feuille adulte ou jeune (pépinière).

L'examen des résultats extrêmes, *Elaeis guineensis* et *Elaeis melanococca* confondus, met en évidence d'énormes différences :

	Minimum	Maximum
Palmitique	14,8	53,7
Stéarique	0,2	10,1
Oléique	31,5	72,8
Linoléique	4,0	23,0

Pour leur exploitation, le sélectionneur peut, dès maintenant, envisager d'allier la multiplication sexuée et la multiplication végétative.

La durée d'une génération oblige cependant au réalisme et à une diversification des programmes.

A court terme, le choix des croisements suivant la composition de leur huile et des parents pour les reproduire constitue une première amélioration.

A moyen terme, le clonage des meilleurs arbres, en tenant compte de la composition de leur huile, est une possibilité certaine d'amélioration. Il peut s'envisager à la fois pour les *E. guineensis* et pour les individus fertiles intéressants trouvés dans les backcross et les F2 d'*Elaeis melanococca* par *Elaeis guineensis*. Le test précoce, si les résultats sont confirmés, pourrait permettre des tris de croisements dès la pépinière.

A long terme, la stratégie est simple bien que sa mise en œuvre soit complexe. La concentration des gènes intéressants est assurée par recombinaison au sein des groupes, avec enrichissement extérieur chaque fois que cela est possible. Puis, l'obtention d'individus intéressants pour le clonage est recherchée par des combinaisons, dont certaines programmées pour la création d'une grande variabilité.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Les deux parties de l'article ont été consacrées à l'examen des recherches de l'I.R.H.O. au point de vue de la nutrition minérale et de la qualité de l'huile de palme. L'expérimentation multilocale a permis de confronter les résultats obtenus en Afrique de l'Ouest, Amérique du Sud, Indonésie, et d'avoir une meilleure connaissance de la relation sol-plante. L'héritabilité de la composition en acides gras de l'huile offre de bonnes possibilités d'amélioration.

Effects of nutrition on yield. Genetic progress and effects of nutrition on the quality of palm oil (1)

M. OLLAGNIER (2), J. OLIVIN (3)

The present article is a continuation of the paper published in the last issue of « Oléagineux », on problems of nutrition and fertilization. After nitrogen, phosphorus, potassium and chlorine, this article deals with the problem of magnesium, and the effects of mineral nutrition and planting material on the quality of palm oil.

(continuation)

D. — MAGNESIUM NUTRITION

The magnesium requirements of the oil palm are five times less than its potassium requirements.

Response to magnesium fertilizer is quite closely linked to the type of soil. Thus, magnesium is easily absorbed by palms planted on desaturated lateritic soils, whereas magnesium absorption is much more irregular, or even non-existent, in soils formed from materials of alluvial or volcanic origin.

I. — Magnesium nutrition in soils formed on lateritic soils. Soils formed on the sandy tertiary sediments of the Terminal Continental plateau.

Cameroon.

An experiment set up on the acid sands of Cameroon shows, on the one hand, the fragility of magnesium nutrition in this type of soil, and, on the other, the ease with which it can be corrected.

Experiment LD-CP 6 (1962 planting) was set up in a particularly desaturated zone of the tertiary sands. From 1967-1976, it studied 3 annual doses of KCl (0, 1 and 2 kg/tree) and 3 doses of kieserite (0, 0.5 and 1 kg).

It soon appeared (from 1969/70 onwards, and particularly after 1974) that both Mg and K contents decreased strongly from one year to the next in the absence of fertilization, but also with the antagonistic effect of the fertilizer used to supply the other element. KCl or kieserite, applied separately, resulted in very unbalanced mineral nutrition, preventing these fertilizers from having an effect on yield. Analysis of the yield contingency table (Table XIX) for the period 1972/76 shows that the best yields were obtained with combinations of 1 or 2 kg of KCl with 1 kg of kieserite for leaf contents close to the usual optimal levels (K = 1 p. 100, Mg = 0.240 p. 100). LD-CP 6 is one of the only experiments to confirm the optimal level of 0.240 for Mg, which is contradicted by many other trials (Indonesia, Colombia, Ecuador). These results lead to the recommendation of a yearly fertilizer composed of 1.5 kg of KCl and 1 kg of kieserite per tree to correct both deficiencies, which appear together after a certain age on this type of soil.

(1) Paper presented at the 4th Programme Advisory Committee, 11-21 April 1984, Kuala Lumpur (Malaysia).

(2) Director of Research, I.R.H.O.-11, Square Pétrarque, 75116 Paris (France).

(3) Agronomist, Agronomy Department, I.R.H.O.-GERDAT, B. P. 5035, 34032 Montpellier (France).

II. — Magnesium nutrition in soils of alluvial origin.

1. — The alluvial soils of Colombia.

Magnesium nutrition at San Alberto (Colombia) is studied in several experiments. The effects of magnesium fertilizer on yield are slight or non-existent. In experiment SA-CP 1, where natural contents are close to 0.240, it is necessary to wait about ten years before obtaining an increase that is only intermittently significant, and which has no effect on yield. Similarly, in SA-CP 2, with a control content of 0.240, no effect of kieserite was noted on mineral nutrition. Even in experiments SA-CP 3 and SA-ES 53, where natural contents are less than 0.200, no effect of magnesium fertilizer was observed. This « inertia » of magnesium nutrition, like that of potassium nutrition (see Section C-II-1, a) is probably due to the « high calcium pressure » of the soil solution, caused by very high Ca^{2+} contents of the absorbent complex.

2. — The alluvial soils of Peru.

Applications of magnesium fertilizer were practically without effect on yield in experiment PE-CP 1 (1963 planting), where the natural leaf Mg content (mean 1980/81) is 0.230. On the contrary, in experiment PE-CP 2 (1976 planting) the contents (means 1980/82) of treatments 0, 1 and 2 kg/tree/year of dolomite were 0.217, 0.231 and 0.239*, respectively. The significant increase in Mg contents induced by the highest dose of dolomite, did not, however, lead to increases in yield for the period 1980/82.

Leaf magnesium contents are higher when magnesium fertilizer is applied with « chlorides » than with « sulphates ». Thus, in experiment PE-CP 2, magnesium contents (mean 1979/82) were 0.240 and 0.219**, respectively, according to the nature of the accompanying fertilizer.

III. — Magnesium nutrition in soils formed on materials of volcanic origin.

1. — The volcanic soils of Sumatra.

Six out of the seven experiments already cited with regard to potassium nutrition (Table XVI) also study magnesium nutrition, and its effects on yield, in trees aged 3 — 23 years. Table XVI shows that experiments can be grouped according to the Mg^{2+} contents of the soil absorbent complex (Fig. 6).

a) AL-CP 1 and AL-CP 2 :

The Mg^{2+} contents of the absorbent complex are very low (0.12 and 0.06 meq, respectively), but the palms perform very differently :

— in AL-CP 2, the natural Mg content of palms aged 17-23 years is only 0.06 p. 100, and responses to magnesium fertilizer are strong and even spectacular ;

— in AL-CP 1, the natural Mg content of trees aged 14-23 years reaches 0.22-0.20 (according to age) and fertilizers are without effect on either contents or yield.

Are the differences between soil Mg^{2+} contents, and those between the $\text{Mg}^{2+}/\text{K}^{+}$ p. 100 or $\text{Mg}^{2+}/\text{K}^{+} + \text{Ca}^{2+}$ p. 100 ratios (8 for AL-CP 1 and only 3 for AL-CP 2), although existing for low values, enough to explain these differences in performance ?

b) LB-CP 1 and AK-CP 1 :

With rather low Mg^{2+} contents of the absorbent complex equal to 0.22 meq, and with $\text{Mg}^{2+}/\text{K}^{+} + \text{Ca}^{2+}$ p. 100 ratios of 15 and 18, these trials show no response to magnesium fertilizer.

c) BB-CP 3 and TG-CP 2 :

These experiments, which also show no response to magnesium fertilizer, have high Mg^{2+} contents in the absorbent complex, close to 0.60 meq, with $\text{Mg}^{2+}/\text{K}^{+} + \text{Ca}^{2+}$ p. 100 ratios of 26/27.

In all cases, with the exception of experiment AL-CP 2, natural leaf magnesium contents, ranging from 0.200 — 0.230, are never very high. They reach only 0.180 for BB-CP 3 despite the high Mg^{2+} content of the absorbent complex of the soil in this experiment.

2. — The volcanic soils of Ecuador.

Experiment TT-CP 1 was set up in 1974 for a planting of the same year, on soils of the Andean type formed on deep volcanic sediments (Table XX).

The soil is characterized by an exceptionally high C.E.C. and exchangeable cation content, including exchangeable Mg^{2+} . The $\text{Mg}^{2+}/\text{K}^{+} + \text{Ca}^{2+}$ p. 100 ratio is 23 p. 100, which is fairly comparable to the values in experiments BB-CP 3 and TG-CP 2 in Sumatra.

Among other things, TT-CP 1 studies the effects of three doses of magnesium sulphate, one at level 0. The doses of levels 1 and 2 have increased since 1974 and reached 2 and 4 kg of $\text{MgSO}_4/\text{tree}$, respectively, in 1980. Despite such high doses, and a very low natural leaf Mg content (0.124, mean 1978/83, 4-9 years), MgSO_4 applications never have any noticeable and continuous effect on the contents of the other treatments. There has obviously never been any effect on yield, and, despite the very low leaf Mg contents, the control produced 167 kg bunches/tree/year, or an average of 22.5 tons/ha between 1978 and 1983.

These results may be compared with those obtained in the neighbouring experiment TT-CP 2, planted in 1977 on soils whose profile is characterized mainly by a mantle of volcanic materials at a depth of only about 40-60 cm, resting on fine sand alluvia with a water table. The absorbent complex (0-20 cm layer) has a lower exchangeable cation content than the soil in TT-CP 1 ($\text{Ca}^{2+} = 2.4$ meq ; $\text{Mg}^{2+} = 1.75$ meq ; $\text{K}^{+} = 1.12$ meq ; $\text{Mg}^{2+}/\text{K}^{+} + \text{Ca}^{2+}$ p. 100 = 39) (Table XXI).

In this area, the natural contents of the control are higher than those of the control in TT-CP 1, and especially, a response of leaf contents and yield to magnesium fertilizer (mainly magnesium chloride : 0, 750 and 1,500 g/tree/year) is observed from an early age. Maximum contents and yield are obtained even with the intermediate dose.

The differences in performance between the two sites may be explained by a better water supply in the case of TT-CP 2.

It is not yet possible to give an optimal leaf Mg content based on the results of TT-CP 2, since contents have not yet stabilized in this experiment, which is still young ($\text{Mg} = 0.192$ p. 100 at 2 years of age and 0.174 p. 100 at 5 years, for dose 1).

EFFECTS OF NUTRITION AND GENETIC PROGRESS ON THE QUALITY OF PALM OIL

The last part of this paper will deal with the effects of nutrition and genetic progress on the quality of palm oil.

A. — EFFECTS OF MINERAL NUTRITION

There are very few convincing, or practically applied experimental results on the effect of fertilization on oil composition. However, we must mention the work of N'Guyen Siew Kee (1973) in Malaysia, which showed that potassium and calcium, which increase yield on peat, also tend to increase the proportion of oleic acid, consequently improving the quality of the oil.

Ochs (1977), in the Ivory Coast, found a decrease in the iodine value, which is an indication of the degree of unsaturation, under the influence of fertilizers ; this decrease was found in oleic acid with kieserite, and in linoleic acid with KCl.

However, these changes are not of the same proportion as genetic variations.

B. — EFFECTS OF PLANTING MATERIAL

1. — Variations in fatty acids in *Elaeis guineensis* and *Elaeis melanococca*.

The study of the individual data of analyses for the choice of trees has not yet been systematically performed. However, some examples can already give an idea of the variation in different fatty acids in *E. guineensis* and *E. melanococca* (oleifera).

— *Elaeis guineensis*.

Figure 7 shows the distribution of the sum of unsaturated fatty acids for trees obtained by selfing two trees, and those obtained by crossing the same two trees. It shows that values greater than 60 for the sum of unsaturated fatty acids may be found in certain Déli × La Mé crosses, for which the average is 56, 57, or even 58.

Individual analyses give an indication of the existing ranges for the different fatty acids :

Fatty acids	Minimum	Maximum
Déli Dura		
Palmitic C16	33.9	53.7
Stearic C18	2.1	10.1
Oleic C18 : 1	31.5	43.8
Linoleic C18 : 2	7.0	16.4
La Mé Tenera (Ivory Coast)		
Palmitic C16	27.6	42.4
Stearic C18	4.7	10.1
Oleic C18 : 1	38.2	56.1
Linoleic C18 : 2	5.8	12.9

— *Elaeis melanococca*.

In *Elaeis melanococca*, the sum of unsaturated fatty acids is always greater than 60, as shown in Table XXII, which gives the extreme values for the different acids for several populations.

2. — Improvement of oil composition.

Once the aim of breeding has been fixed (improvement of saturated or unsaturated fatty acids), the breeder has various means at his disposal to achieve this end, and various different approaches.

Obviously, the reproduction of crosses with good oil composition is a sure means of improvement. This improvement will be accentuated by the choice of parents for these reproductions. The heritability found (1) and (2) for the iodine value and for the sum of unsaturated fatty acids means that it can be foreseen. This heritability is given below :

Heritability of oil composition				
Parental cross	La Mé × Déli		Yangambi × Déli	
	<i>Dura</i>	<i>Tenera</i>	<i>Dura</i>	<i>Tenera</i>
1 - Iodine value	0.90	—	0.82	—
2 - Unsaturated F.A.	1.20	—	0.96	—
Oleic acid	—	0.64	0.83	—

Recently, the first results obtained by J. Graille and E. Biang N'Zie (Table XXIII) have made it possible to envisage an early

test for oil composition. An analogy has been revealed between the proportion of saturated and unsaturated fatty acids in fruit lipids, and those in the adult or young (nursery) leaf.

The examination of extreme values obtained, for both *Elaeis guineensis* and *E. melanococca*, reveals enormous differences :

	Minimum	Maximum
Palmitic	14.8	53.7
Stearic	0.2	10.1
Oleic	31.5	72.8
Linoleic	4.0	23.0

To exploit these differences, the breeder may already consider combining sexual and vegetative modes of propagation.

However, the length of a generation makes a realistic outlook necessary, as well as the establishment of different programmes.

As a short-term measure, the choice of crosses according to oil composition, and the choices of parents to reproduce them is the first means of improvement.

As a middle-term project, the cloning of the best trees, taking into account their oil composition is a certain means of improvement. This method may be envisaged both for *E. guineensis* and for interesting fertile individuals found in backcrosses and F₂s of *Elaeis melanococca* × *Elaeis guineensis*. If the results are confirmed, the early test could enable crosses to be selected in the nursery.

Long-term strategy is simple, but its implementation is complex. The concentration of interesting genes is guaranteed by recombination within groups, with enrichment whenever possible, then interesting individuals for cloning are sought by combinations, some of which are programmed for the creation of high variability.

GENERAL CONCLUSION

Both parts of this article have been devoted to an examination of I.R.H.O. research results on mineral nutrition and the quality of palm oil. Multi-site experiments have enabled results obtained in West Africa, South America and Indonesia to be compared, and have given us a better knowledge of the soil-plant relationship. The heritability of the fatty acid composition of oil offers good prospects for improvement.

Bibliographie

THE BOOK OF EDIBLE NUTS LE LIVRE DES NOIX COMESTIBLES

F. ROSENGARTEN, Jr.

Walker and Company, New York ; 1984 ; XXV + 384 p., 370 ill. ; Prix : 35 \$.

Cet ouvrage, abondamment illustré de gravures et de photographies, traite de l'histoire naturelle, de la botanique et des méthodes culturales de plus de 40 noix comestibles.

La première partie est consacrée à l'étude exhaustive de 12 noix : amande (*Prunus dulcis*), noix du Brésil (*Bertholletia excelsa*), noix de cajou (*Anacardium occidentale*), châtaigne (*Castanea dentata*), noix de coco (*Cocos nucifera*), noisette (*Corylus avellana*), noix de macadamia (*Macadamia integrifolia*), arachide (*Arachis hypogaea*), noix de pécan (*Carya illinoensis*), pistache (*Pistacia vera*), graine de tournesol (*Helianthus annuus*), noix (*Juglans regia*).

Pour chacune de ces plantes, sont passés en revue, l'historique, les utilisations, les méthodes culturales, la technologie, les sous-produits et leur valeur nutritive. Chaque exposé se termine par un ensemble de recettes de cuisine.

La seconde partie traite plus brièvement de 40 autres graines et noix classées par ordre alphabétique. Cet ouvrage est complété par un glossaire, une bibliographie, un index des 135 recettes de cuisine et un index général.

Ce livre est disponible chez Walker and C^o, 720 fifth Avenue, New York, N. Y. 10019 (U.S.A.).