

La importancia de la nutrición con magnesio en la palma de aceite*

Importance of magnesium nutrition in oil palm

B. Duhos 1, J.P. Caliman 1, F. Corrado 1, P. Quencez, Siswo Suyanto, B. Tailliez 1

RESUMEN

Se presentan algunos aspectos sobre el papel del magnesio en el funcionamiento de la palma de aceite, y cómo se expresan los síntomas de su deficiencia. Datos de experimentos realizados en África, Latinoamérica y el Sureste Asiático fueron utilizados para establecer la respuesta de rendimiento y las curvas de la absorción de magnesio, dependiendo de las dosis del fertilizante de magnesio. El estudio también analiza el papel del tipo de suelo, las relaciones con otros nutrientes, tales como potasio, calcio y cloro, y la influencia del material de siembra utilizado. Este artículo define los niveles críticos y da las recomendaciones para el manejo de fertilizantes a nivel de finca.

SUMMARY

A few reminders are given of the role of magnesium in oil palm functioning, and of how deficiency symptoms are expressed. Data from experiments conducted in Africa, Latin America and Southeast Asia were used to establish yield response and magnesium uptake curves depending on magnesium fertilizer rates. The study also covered the role of soil type, relations with other nutrients such as potassium, calcium and chlorine, and the influence of the planting material used. This article defines critical levels and gives recommendations for fertilizer management at farm level.

PALABRAS CLAVES: Palma de aceite, Magnesio, Aplicación de fertilizantes, Oligoelementos, Deficiencia de oligoelementos, Cationes, Aniones, Rendimiento.

Las deficiencias de magnesio son, por lo general, espectaculares y fácilmente identificadas por los cultivadores, quienes entonces temen mayores pérdidas en los rendimientos en sus cultivos de palma de aceite. Existe la tentación de regresar a un follaje más verde y más saludable mediante aplicaciones cuantiosas de fertilizantes sin ninguna consideración del verdadero impacto sobre los rendimientos. El

propósito de este artículo es examinar los resultados en varias pruebas en todo el mundo, para sacar conclusiones que sean aplicables para el manejo racional de fertilizante de magnesio, con base en los resultados de análisis foliares regulares.

El magnesio juega un papel esencial en la fotosíntesis debido a su presencia en la molécula de clorofila, la

*Este artículo corresponde a una ponencia presentada en el Congreso Internacional sobre Aceite de Palma del PORIM en 1999 celebrado en Yakarta, Indonesia, del 1º al 6 de febrero de 1999.

Tomado de : Plantations, recherche. développement (Francia) v.6 no.5, p.313-325. 1999.

Traducido por Fedepalma.

¹CIRAD-CP, TA80/01, 34398 Montpellier Cedex 5, Francia.

² Libro Research, Kantor, P.Y. Smart Corporation, Pekanbaru Riau, Indonesia.

cual generalmente inmoviliza del 6 al 25% del total del magnesio en el follaje (Marschner 1997). Esa proporción aumenta linealmente con el nivel de deficiencia de magnesio y puede alcanzar o exceder el 35%. Generalmente se acepta que los efectos depresivos sobre el crecimiento y los síntomas visibles de deficiencia comienzan cuando la proporción excede del 20 al 25%, dependiendo de la especie. La mayor parte del magnesio está involucrada en el balance entre cationes y aniones y ayuda a mantener el pH en el interior de las células. El magnesio está involucrado en los mecanismos de fosforilación enzimática y juega un papel esencial en síntesis de proteínas y del ARN.

Dada su alta movilidad dentro del floema, puede ser rápidamente translocado de los tejidos más viejos a los tejidos más jóvenes en caso de una deficiencia, lo cual aumenta la expresión de síntomas en las partes vegetales más viejas.

Síntomas de deficiencia de magnesio

Los síntomas en palma de aceite están caracterizados por una decoloración uniforme en los folíolos de las hojas más viejas, la cual fluctúa entre amarillo y amarillo naranja brillante. Por lo general, los síntomas van acompañados por necrosis que se extiende desde las puntas de los folíolos, los cuales se vuelven castaño-rojizos. Aunque los síntomas usualmente son más frecuentes en plantas jóvenes, pueden ocurrir en palmas adultas y desarrollarse espectacularmente sobre áreas grandes. Dicho desarrollo se conoce con el nombre "Enfermedad Pulau Raja" acuñado en Indonesia en la década de 1970 (Ummar Akbar et al. 1976).

Generalmente, los síntomas comienzan en unas pocas palmas aisladas, presentándose una leve clorosis que luego aumenta en intensidad, mientras se forman focos individuales. En el campo, la deficiencia de magnesio, por lo general, se encuentra en áreas de suelos más pobres o bajo condiciones de luz más fuerte, lo que sin duda explica la ocurrencia más frecuente a lo largo de los bordes de las parcelas. Generalmente se está de acuerdo en que los primeros síntomas aislados ocurren cuando el contenido de

magnesio en la hoja de una muestra, en promedio alcanza 0,20 - 0,24% de materia seca (MS), pero que las deficiencias marcadas corresponden a contenidos por debajo de 0,18%. Tailliez (com. personal) encontró, en Indonesia, que usualmente existía una buena relación entre los contenidos de magnesio y el grado de secamiento de la hoja, pero que la relación con la intensidad de amarillamiento podría ser más aproximada y dependiente del material de siembra.

En ciertas situaciones particulares, la relación entre los síntomas y la deficiencia de magnesio se aparta completamente de esa regla, como en el caso del ensayo en Indonesia. En ese experimento, donde los contenidos en la hoja de los distintos tratamientos sigue siendo entre 0,14 y 0,16%, no han aparecido síntomas de deficiencia y las palmas tienen un color verde muy satisfactorio.

El efecto de nutrición de magnesio sobre los rendimientos

Varias pruebas de campo están estudiando el papel que juega la nutrición con magnesio en Latinoamérica, África o al sudeste de Asia en varios tipos de suelos. Cuando los contenidos de tratamientos que no reciben fertilizante de magnesio permanecen por encima de 0,20% de materia seca, los rendimientos, por lo general, no responden a las aplicaciones de fertilizantes, sin contar con la dosis aplicada. Breure y Rosenquist (1977) hicieron la misma observación para contenidos de entre 0,17 y 0,19% de materia seca. Sin embargo, sí ocurre una respuesta para contenidos de magnesio por debajo de 0,15%, por ejemplo, en la prueba aquí considerada, donde se obtuvieron ganancias significativas del 10 al 40% mediante la aplicación de fertilizantes de magnesio (Tabla 1).

En estos seis ensayos, el cambio en los tratamientos testigos de MgO fue muy rápido en los años iniciales después de que los tratamientos fueron introducidos (Fig. 1). Entre más altos los contenidos originales, más rápida fue la caída y, por lo general, fue al final de esta etapa que las diferencias en rendimientos se volvieron significativas en comparación con el testigo.

Tabla 1. Respuestas en rendimiento a los fertilizantes del magnesio

ENSAYO	PS 03	MT 03	TT 02	CA 07	PBE 02	AK 01
País	Perú	Colombia	Ecuador	Camerún	Indonesia	Indonesia
Edad (años)	11-13	14-16	16-18	22-24	9-11	14-16
Fertilizante de magnesio y contenido de MgO (%)	Kieserita 27	MgCO ₃ 40	MgC ₂ 20	Kieserita 27	Kieserita 27	Kieserita 27
Equivalente de MgO (g/palma.año)	MgO 0 Mg1 260 Mg2 740 Mg3	0 240 720	0 450 900	0 80 160 240	140 470 810 1.150	0 140 270
Contenido de Mg foliar (% materia seca)	MgO 0,105 Mg1 0,189 Mg2 0,246 Mg3	0,140 0,235 0,385	0,077 0,151 0,189	0,110 0,198 0,271 0,311	0,090 0,180 0,220 0,240	0,092 0,198 0,245
Rendimiento (Kg RFF/palma/año)	MgO 140 Mg1 161 Mg2 162 Mg3	113 139 156	122 152 154	67 84 86 87	170 190 188 190	130 158 158

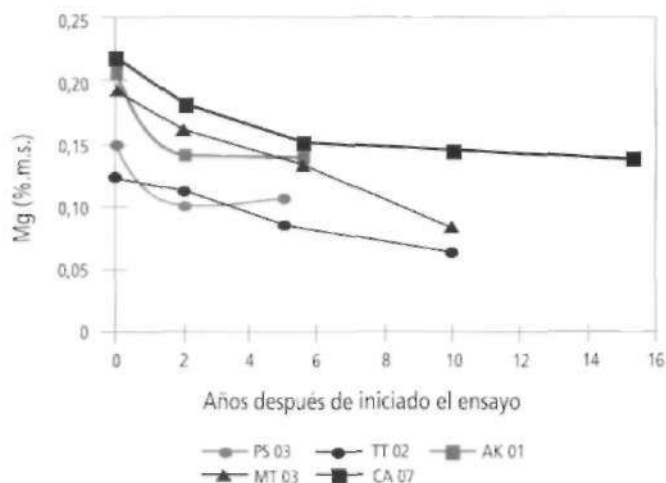


Figura1. Tendencia del contenido de magnesio en los testigos.

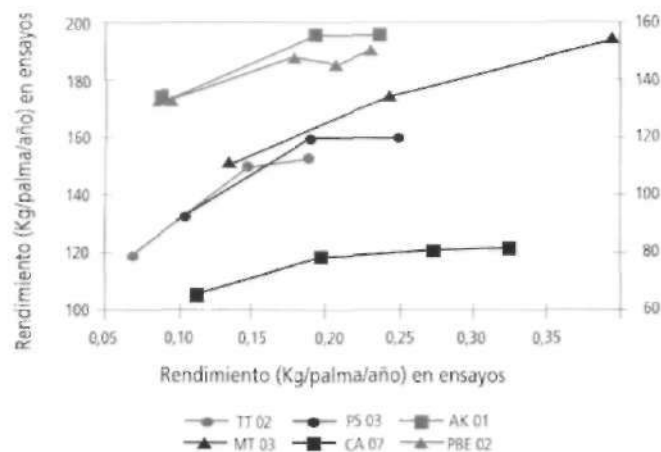


Figura2. Nutrición con magnesio y producción.

Después de esto, los contenidos continuaron disminuyendo, alcanzando valores muy bajos, a veces por debajo de 0,10%, con mínimos registrados tan bajos como 0,05% de materia seca (ensayo AL 02 en Indonesia).

Para cinco de las seis ensayos, las curvas de respuesta del rendimiento a nutrición con magnesio (Fig. 2) muestran un límite más allá del cual los rendimientos ya no aumentan significativamente, cuando no están estacionarios. Con excepción del ensayo TT 02, ese límite corresponde a un contenido de magnesio en la hoja 17 de 0,18-0,20% de materia seca, que se obtiene directamente de Mg1 (Tabla 1).

Tabla 2. Fertilizantes de 0-4 años y contenidos de Mg en Ecuador (SK 01)

TRATAMIENTO	Mg0	Mg1	Mg2
Dosis acumulada de Mg0 (g/palma)	0	800	2.400
Contenido de Mg a los 1,5 años (% materia seca)	0,146	0,152	0,173**
Contenido de Mg a los 4,5 años (% materia seca)	0,107	0,114	0,124**

** significativo al 1%

En el tratamiento MT 03, el aumento en el rendimiento permanece alto más allá de 0,23% de materia seca, aun cuando la ganancia es menos rápida por encima de ese punto. Este ensayo muestra que bajo sus condiciones climáticas y de suelo específicas, parece ser necesario un alto nivel de magnesio para la expresión total de los rendimientos. Se hará referencia a estos resultados más adelante, con respecto a los niveles críticos.

Absorción de magnesio por la planta

En todas las pruebas, la absorción del magnesio responde bien a las dosis de fertilizante aplicadas (Fig. 3). Puede ser muy intensa y virtualmente lineal (ensayos CA 07, AK 01 y MT 03), o, por el contrario,

puede haber una tendencia asintótica (ensayo PS 03, TT 02 y PBE 02).

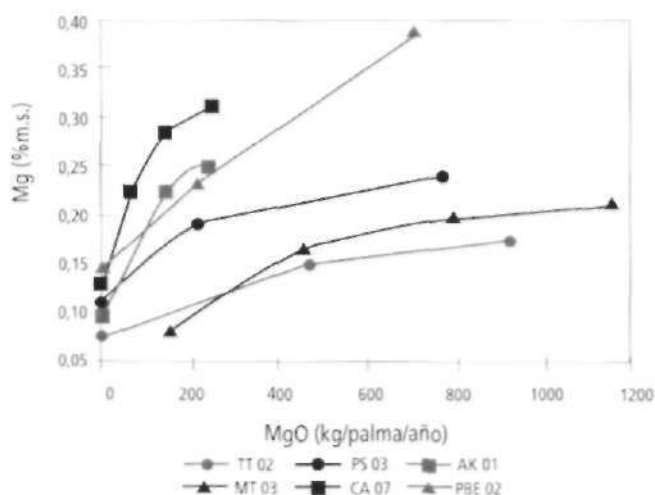


Figura 3. Absorción del magnesio.

Sin embargo, en algunos lugares, la captación de magnesio es muy baja o inexistente. En Ecuador, por ejemplo, la ensayo SK 01 se estableció en 1993 para estudiar la aplicación de dos dosis de magnesio en forma de sulfato y luego de carbonato. Después de cinco años de aplicación de los tratamientos, el efecto sobre la captación, aunque significativo, sólo mejora ligeramente la nutrición (Tabla 2). En el ensayo BB 05, plantada en Indonesia en 1986, donde dosis de kieserita y dolomita de hasta 2 y 4 kg/palma, respectivamente, han sido aplicadas durante varios años, no hay efecto del tratamiento comparado con el testigo. En el primer ejemplo, las palmas, que todavía son jóvenes, muestran síntomas marcados de deficiencia y tienen folíolos secos. El tipo de suelo (presencia de alófanos), el efecto acidificador de los sulfatos y el uso de amonio como fuente de nitrógeno, pudo haber acelerado la deficiencia de magnesio. En el segundo caso, las palmas no muestran síntomas de deficiencia y los rendimientos son excelentes. Los resultados de los análisis de suelos aparecen en la Tabla 4. Los suelos en los ensayos que muestran una buena respuesta a la nutrición mineral se caracterizan por contenidos bajos de magnesio intercambiable y bajas relaciones Mg : K. Sin duda, esto explica la caída en los contenidos del testigo y la mejora que ocurre tan pronto como se aplica magnesio. En el ensayo SK 01, en la cual la captación de magnesio es muy baja, la disponibilidad de ese nutriente es más alta la proporción de Mg/CEC y la relación Mg

: K - y, por lo tanto, los resultados obtenidos parecen ser contradictorios. En otro ensayo (TT 01) en Ecuador, donde el comportamiento de la palma de aceite y la disponibilidad de magnesio eran similares, Fallavier y Olivin (1988) sugirieron que valdría la pena averiguar qué sucedió con el magnesio en el suelo. Un experimento de percolación en columnas de suelos se realizó con este tipo de suelo, que está caracterizado por un pH más alto, alto contenido de magnesio, como también de calcio y una velocidad de saturación del complejo muy alta, principalmente por calcio (Tabla 4), mostrando que la fracción de magnesio absorbida fue marcadamente más pequeña que en las otras unidades de suelo, para las cuales una deficiencia de magnesio pudo ser fácil de corregir (el caso de los ensayos CA 07, MT 03, PS 03 y AK 01); además, reveló que el magnesio aplicado es intercambiado primordialmente con Ca y por lo tanto se vuelve menos fácilmente disponible y que no ocurre un desplazamiento de K (la disponibilidad de K no se aumenta marcadamente). El caso de cultivos en Papúa Nueva Guinea, en suelos jóvenes derivados de ceniza volcánica y piedra pómez, es similar al caso de los ensayos mencionadas arriba.

Otros parámetros que no se estudiaron particularmente en la red experimental, probablemente afectarán la captación de magnesio (Mengel y Kirby 1987). Con frecuencia, la captación es más baja en un medio ácido y este fenómeno aparentemente se debe a un aumento en concentración de Al^{+++} en vez de concentración de H^+ . Además, la captación por la raíz se puede retardar considerablemente mediante un aumento en K^+ o la concentración de NH_4^+ . Por otro lado, los nitratos tienen un efecto positivo.

Tabla 3. Fertilizantes de 6 a 10 años y contenidos de Mg en Indonesia.

TRATAMIENTO	MgO	KIESERITA	DOLOMITA
Dosis media anual (g/palma)	0	2.000	4.000
Contenido de Mg a los 10 años(% materia seca)	0,162	0,159	0,159

Tabla 4. Características del complejo absorbido de los suelos

ENSAYO O PAIS	PROFUNDIDAD (cm)	PH DEL AGUA	CATIONES INTERCAMBIABLES			CIC (mg/100g)	TASA DE SATURACIÓN DE CIC	Mg/CIC	RELACIÓN Mg/K	Ca/CIC
			Ca++	Mg++	K+					
CA 071	0-20	4,2	0,15	0,12	0,04	2,70	0,12	0,04	3,0	0,06
	20-40	4,4	0,15	0,08	0,08	2,20	0,14	0,04	1,0	0,07
MT 031	0-20	4,8	1,23	0,08	0,06	2,44	0,56	0,03	1,3	0,50
	20-30	4,8	0,20	0,01	0,03	1,70	0,14	0,00	0,3	0,12
PS 031	0-20	4,5	1,01	0,21	0,24	6,60	0,22	0,03	0,9	0,15
	20-40	4,6	0,68	0,23	0,24	4,82	0,24	0,05	0,9	0,14
AK 011	0-20	4,9	1,00	0,25	0,23	8,46	0,17	0,03	1,1	0,12
SK 01	0-20	5,2	3,27	0,59	0,14	3,97	1,0	0,15	4,2	0,82
	30-50	5,2	2,16	0,47	0,10	2,90	0,94	0,16	4,7	0,74
TT 01	0-30	6,2	11,00	1,83	1,19	12,40	1,0	0,15	9,6	0,88
	0-15	6,5	9,7	1,1	0,24	13,9	0,79	0,08	4,6	0,70
PNG	15-30	6,3	5,3	0,51	0,10	8,4	0,71	0,06	5,1	0,63

1: Ensayo que muestra una buena respuesta a la nutrición con magnesio en fertilización con magnesio.

CIC : Capacidad de intercambio catiónico.

PNG : Papua Nueva Guinea.

Tabla 5. Fertilizantes de 1993 a 1997 y contenidos de magnesio

TRATAMIENTO	cl0	cl1	cl2
Dosis acumulada de Na Cl Kg/palma)	0	1,10	3,30
Contenido de Mg en septiembre de 1997 (% materia seca)	0,092	0,125**	0,129**

Por lo tanto, la captación de magnesio no sólo depende de la riqueza del magnesio del suelo, ni de las aplicaciones de fertilizantes; también está relacionada estrechamente con la captación de otros nutrientes. Estas interacciones resultan en antagonismos o sinergias de captaciones.

Antagonismo de absorción.

Esto involucra al potasio primordialmente, aunque a veces se reportan antagonismos con el calcio, pero son menos comunes o preocupantes, ya que son obtenidos indirectamente con fertilizantes que no intentan aumentar el contenido de calcio. Por el contrario, ya que los cultivos de palma de aceite con

frecuencia responden bien a la fertilización con potasio, aplicaciones repetidas de cloruro de potasio o sulfato reducen el contenido de magnesio en la hoja, como se puede observar en la Figura 4.

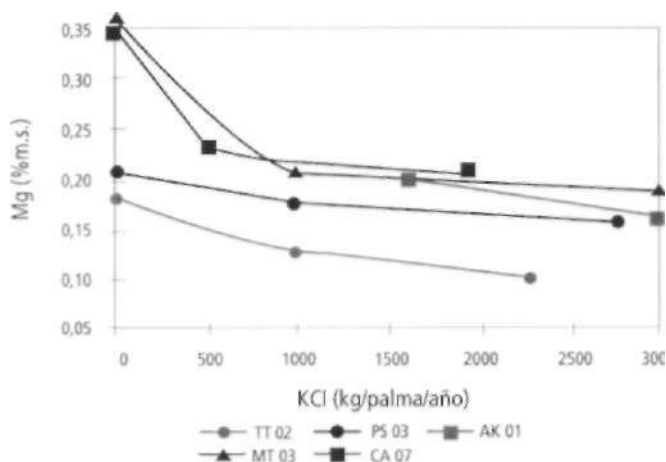


Figura 4. Fertilización con potasio y absorción del magnesio.

Entre más alto el contenido de magnesio inicial, mayor el efecto depresivo de los fertilizantes de potasio (ensayos MT 03 y CA 07). Por lo tanto, no tiene sentido esforzarse por obtener una nutrición superabun-

dante en magnesio. El efecto de la primera dosis de KCl es claro, comparado con el testigo y se disminuye gradualmente a medida que las dosis aumentan. Las consecuencias para el manejo de los fertilizantes en plantaciones comerciales son que las reducciones de los contenidos de magnesio, por lo general, son de alrededor de 0,01 unidad por kilogramo adicional de KCl aplicado en exceso y por arriba del primer kilogramo.

Sinergia de absorción.

Algunos autores (Ollagnier y Olivin 1984) notaron en algunas pruebas que el magnesio es captado más eficazmente cuando está en presencia de cloruros en vez de sulfatos. Por ejemplo, en la prueba PE 02 (Perú), los contenidos de magnesio (promedio de 3 a 6 años) alcanzaron 0,24 y 0,219%** (probabilidad < 1%), dependiendo del tipo de fertilizante potásico (KCl-K₂SO₄). Otro ejemplo de sinergia de Cl-Mg es proporcionado por la prueba SK 01, donde el efecto del NaCl es por lo menos tan grande como el efecto del MgCO₃.

Esta sinergia es similar a la de cloro con calcio, otro catión bivalente involucrado en fertilización de la palma de aceite; por ejemplo, en fertilizantes de fosfato, pero cuya importancia para la nutrición solamente se tiene en cuenta en términos de balance con otros cationes.

Los efectos de fertilizantes de magnesio sobre la nutrición de potasio y nitrógeno.

Dado el antagonismo de absorción entre Mg y K, las aplicaciones de fertilizantes de magnesio tienen un efecto depresivo sobre el K, similar al de fertilizantes de potasio sobre el magnesio. La Figura 5 ilustra este fenómeno.

Parece ser que el efecto depresivo es muy fuerte, especialmente para la primera dosis, cuando se compara con el testigo, pero que el efecto puede permanecer no significativo de ahí en adelante (MT 03, AK 01). Por lo tanto, nuevamente existe mucho

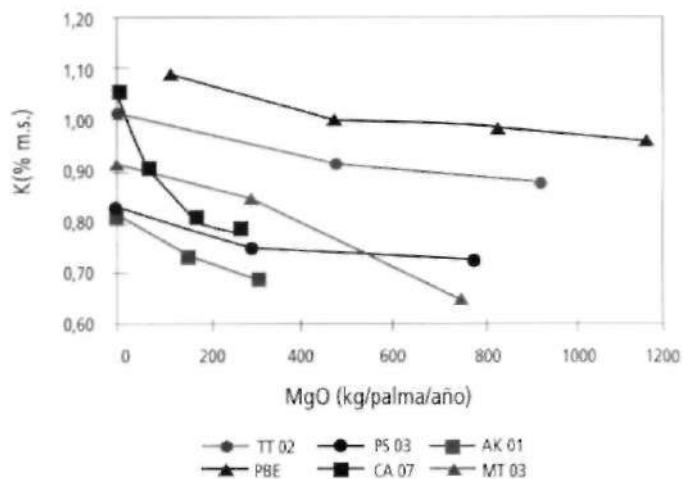


Figura 5. Fertilización con magnesio y absorción con potasio.

interés en tener un manejo racional de los contenidos de magnesio, ya que esta estrategia va en detrimento de la nutrición con potasio.

Las aplicaciones de fertilizantes de magnesio, por lo general, son neutrales y tienen un efecto benéfico significativo sobre la nutrición de nitrógeno, como lo muestran las pruebas PS 03, TT 02, PBE 02 y AK 01 en la Figura 6.

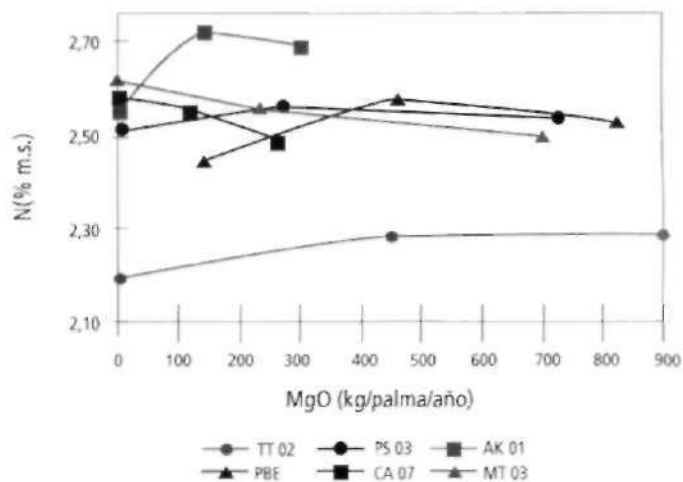


Figura 6. Fertilización con magnesio y absorción del nitrógeno.

Sin embargo, los otros dos ensayos - MT 03 y CA 06 - muestran un efecto depresivo, reflejando que los mecanismos de absorción son complejos, dependen de las condiciones locales del suelo y no fueron analizados detalladamente. Sin embargo, las variaciones hacia arriba o hacia abajo en los contenidos de nitrógeno permanecen modestas y definitivamente

no reflejan el papel decisivo del magnesio en la síntesis de proteína.

Niveles críticos y dosis económicamente óptimas

Los conceptos de niveles críticos y dosis de fertilizantes económicamente óptimas integran completamente los factores socioeconómicos vinculados a la fertilización y a la producción: el costo de los fertilizantes aplicados (consumos, transporte, mano de obra), el costo marginal de la ganancia en rendimiento obtenida utilizando el fertilizante (costos de cosecha del producto, transporte y procesamiento) y precios medios de los productos en el mercado.

La respuesta del rendimiento a los fertilizantes se puede trazar en una curva de ajuste que luego se puede utilizar para calcular la dosis de fertilizante económicamente óptima (DEO): por lo general se adopta una propuesta general sencilla, estudiando la relación de kilogramos de racimos de fruta fresca (RFF) por kilogramo de fertilizante aplicado, que puede variar entre 2, bajo condiciones de mercado sumamente favorables, y 10 en el caso de costos muy altos de insumos o de producción. Se fija un valor promedio, que corresponde al valor mínimo de la tasa de aumento o disminución de la curva obtenida para la respuesta del rendimiento a los fertilizantes. La respuesta de la nutrición a la fertilización también se puede trazar en una curva que luego se utiliza para deducir el valor correspondiente a la DEO, que se conoce como el nivel crítico (CI).

La Tabla 6 muestra un ejemplo obtenido con los datos de la prueba PS 03. Al tomar una tasa de retorno de 5 kg de RFF por kilogramo extra de fertilizante, se obtiene una DEO de alrededor de 1 kg de fertilizante, que corresponde al magnesio en una hoja de nivel crítico de 0,19% (Fig. 7).

La respuesta del rendimiento a la fertilización puede depender en algunos casos de las interacciones con otros nutrientes. Por ejemplo, cuando dos fertilizantes son de importancia decisiva para el mejoramiento del rendimiento, puede ser ventajoso, no en términos de curvas de respuesta, sino de superficies de

Tabla 6. Promedios de los rendimientos en el ensayo PS 03 de 1995 a 1997

VARIABLES	TRATAMIENTOS			AJUSTES
	Mg0	Mg1	Mg2	
Dosis del fertilizante (Kg/palma/año)	0	1	2,75	
Contenido de Mg (% materia seca)	0,105	0,189	0,246	Mg = 0,269-0,164 exp (-0,72dosis de fertilizante)
Rendimiento (Kg RFF/palma/año)	140	161	162	REF = 162-22 exp (-3,09 dosis de fertilizante)

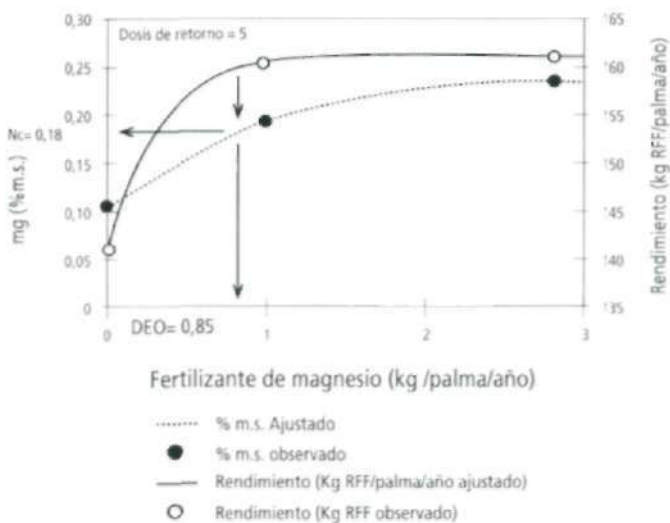


Figura 7. Respuesta a los fertilizantes de magnesio: nivel crítico (Nc) y dosis económicamente óptimas (DEO).

respuesta para la respuesta de rendimientos y los contenidos foliares a las aplicaciones de los dos fertilizantes. La prueba MT 03 da un ejemplo, donde los rendimientos responden simultáneamente a la nutrición con potasio y magnesio (Tabla 7). Suavizando las curvas de rendimiento (Fig. 8) es posible determinar las dosis óptimas de aplicación, dependiendo de la tasa de retorno adoptada, en la línea de mínimos acumulados para ambos fertilizantes. Los niveles críticos de K y Mg de 1,0% y 0,21 %, respectivamente, fueron calculados para el período considerado.

Para las pruebas mencionadas en este artículo, los niveles críticos (en % de materia seca de hojas del rango 17) que se encontraron son los siguientes :

Tabla 7. Promedios de los rendimientos en el ensayo MT 03 de 1994 a 1995.

TRATAMIENTO		Mg0	Mg1	Mg2	PROMEDIO
K0	Rendimiento (Kg RFF/palma/año)	107	115	118	113(100)
	Contenido de K (%materia seca)	0,76	0,51	0,41	0,56
	Contenido de Mg(%materia seca)	0,175	0,301	0,437	0,317
K1	Rendimiento (Kg RFF/palma/año)	121	141	140	134(118)
	Contenido de K (%materia seca)	0,85	0,89	0,71	0,81
	Contenido de Mg(%materia seca)	0,144	0,207	0,276	0,209
K2	Rendimiento (Kg RFF/palma/año)	134	145	158	146(128)
	Contenido de K (%materia seca)	1,17	1,19	1,04	1,13
	Contenido de Mg(%materia seca)	0,112	0,172	0,256	0,180
Promedio	Rendimiento (Kg RFF/palma/año)	120(100)	134(111)	139(115)	
	Contenido de K (%materia seca)	0,92	0,86	0,72	
	Contenido de Mg(%materia seca)	0,144	0,227	0,335	

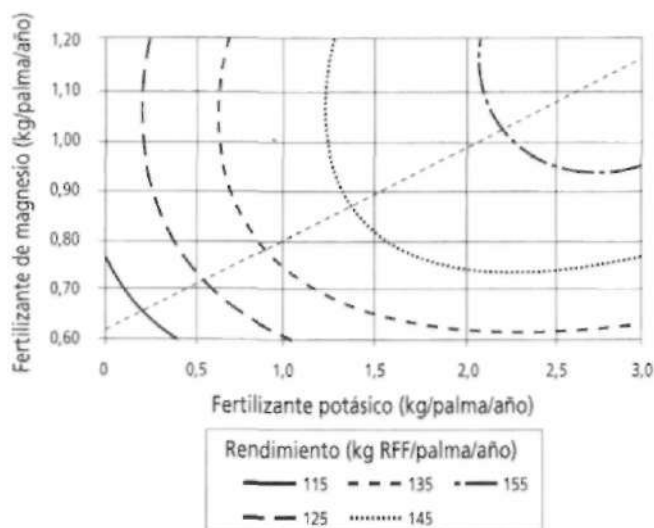


Figura 8. Áreas de respuesta del rendimiento a los fertilizantes de potasio y magnesio.

- AK 01 (material Deli x La Mé) : 0,19 – 0,21
- TT 02 (material Deli x La Mé) : 0,20 – 0,21
- MT 03 (material Deli x La Mé) : 0,20 – 0,21
(por confirmar)
- PS 03 (material Deli x La Mé) : 0,18 – 0,20
(por confirmar)
- PBE 02 (material Marihat) : 0,18
(por confirmar, prueba muy reciente)
- CA 07 (material Deli x La Mé) : 0,20 – 0,24

Cuando se analizan los resultados experimentales, no importa qué método se haya utilizado, se requiere cuidado y el razonamiento siempre se debe basar en el promedio de varias temporadas, tanto para los resultados de los rendimientos, como para los parámetros económicos. En pruebas a largo plazo a veces se nota que los niveles críticos varían, dependiendo del período de observación y que puede estar vinculado con variaciones en otros factores que gobiernan los rendimientos, tales como condiciones climáticas o la condición fitosanitaria de las plantaciones. Sin embargo, es importante anotar que, mientras que la DEO

es muy sensible a condiciones económicas, el nivel crítico lo es mucho menos.

Manejo de los fertilizantes de magnesio.

Como se aprecia arriba, el manejo de los fertilizantes de magnesio depende de la respuesta de los rendimientos y la nutrición de magnesio. Si se determina un nivel crítico, se establecerá un programa de fertilización, de tal forma que las dosis de fertilizantes definidas hagan posible que se alcance y mantenga ese nivel.

Si no se lleva a cabo una experimentación, o los resultados no revelan ningún nivel crítico, se debe fijar un nivel mínimo como precaución y se debe hacer un esfuerzo por alcanzarlo en plantaciones comerciales. Este mínimo "racional" se puede obtener, por ejemplo, de pruebas en plantaciones vecinas, donde los factores climáticos, de suelo y de material de siembra son similares. Para lugares aislados o específicos, el nivel en el cual los síntomas visibles virtualmente desaparecen, puede servir como referencia general, por lo general por exceso. Generalmente parecería que contenidos de entre 0,20 y 0,24% ofrecen una oportunidad razonable para superar cualquier riesgo de pérdidas en rendimiento y que, con la excepción de ciertos suelos en particular (SK 01, BB 05), este rango de valores se puede alcanzar fácilmente.

Los programas de fertilización utilizados para manejar la nutrición de magnesio con mucha frecuencia son programas de K y Mg de partida doble que toman en cuenta el antagonismo de absorción entre los dos nutrientes. Un ejemplo que aparece en la Tabla 8 muestra que, para un nivel constante de magnesio, la fertilización recomendada aumenta directamente con la necesidad de fortalecer la nutrición de potasio.

Tabla 8. Dosis anuales de Kieserita (27% de Mgo) en el ensayo CA 07 (g/palma).

CONTENIDO DE Mg (%MATERIA SECA)	CONTENIDO DE K (%MATERIA SECA)				
	<0,75	0,75-0,85	0,85-0,95	0,95-1,05	>1,05
< 0,16	1.500	1.200	900	700	500
0,16-0,20	900	700	500	300	200
0,20-0,22	500	400	300	200	100
0,22-0,26	200	200	100	0	0
>0,26	0	0	0	0	0

Se pueden utilizar varios fertilizantes (Tabla 9) para satisfacer los requisitos de magnesio en cultivos de palma de aceite. La selección con frecuencia depende de su costo y la disponibilidad en el mercado local. Normalmente no se utilizan cloruros, debido a su alta higroscopicidad, la cual hace que sean difíciles de manejar. La dolomita (carbonato doble de magnesio y calcio) es muy digna de atención en el caso de suelos muy ácidos, debido al calcio que contiene, sin ningún riesgo de mayor antagonismo para el magnesio, pero con un posible efecto depresivo sobre el potasio. Los sulfatos, la kieserita y, especialmente, las sales de Epsom, por lo general son más solubles que los carbonatos y, por lo tanto pueden probar ser dignos de atención cuando una deficiencia de magnesio marcada tiene que ser corregida rápidamente.

Tabla 9. Principales tipos de fertilizantes de magnesio.

NOMBRE (COMPOSICIÓN)	CONTENIDO DE Mg(%)
Kieserita (MgSO ₄ · H ₂ O)	27
Sal de Epsom (MgSO ₄ · 7H ₂ O)	16
Magnesita (MgCO ₃)	40-45
Dolomita (carbonato doble de magnesio y calcio)	5-20
Cloruro de magnesio (MgCl ₂ · nH ₂ O)	20

Nutrición con magnesio y el material de siembra.

Dos tipos principales de material de siembra se utilizan en las zonas cubiertas por este estudio. Ellos corresponden a dos orígenes de padres pisífera: origen La Mé (Costa de Marfil) y origen Yangambi (Zaire, INEAC). El primero se utiliza casi exclusivamente en las plantaciones de África Occidental y Latinoamérica, el último en las plantaciones al sudeste de Asia y Latinoamérica.

Usualmente existen diferencias en la aparición de síntomas para condiciones ecológicas dadas: el material Deli x Yangambi revela menos síntomas visibles que el material Deli x La Mé. Las mismas clasificaciones de comportamiento según el origen se encuentran generalmente bajo diferentes condiciones ambientales.

Las pruebas de las cuales se obtuvieron los resultados analizados arriba casi todas fueron plantadas con material Deli x La Mé, en siembras comerciales que contenían una mezcla de cruzamientos o reproducciones de un cruzamiento. Por lo tanto, no son diseños que pueden ser utilizados para establecer respuestas en términos de síntomas, nutrición y producción para los diferentes materiales y para comparar sus respectivos niveles críticos.

Sin embargo, existen unos cuantos elementos que respaldan la hipótesis de diferentes comportamientos para la absorción de magnesio, cuando la fertilización es idéntica para cada tipo de material de siembra. Los análisis estadísticos de los contenidos foliares a los seis años, para 24 cruzamientos muy similares genéticamente, entre Deli duras obtenido mediante autofecundación de DA 10D y La Mé pisíferas obtenidas por autofecundación de LM2T (D x P) revelan diferencias significativas para los contenidos de Mg que varían de 0,173 a 0,232% de materia seca (prueba AKGP 02). En Costa de Marfil, una inspección de pruebas de exámenes de padres, utilizando material Deli x La Mé y clones relacionados, también revela diferencias significativas para absorción, entre cuatro y seis años (Tabla 10). Finalmente, la prueba AKGP 12, plantada en 1978, se utiliza para supervisar las tendencias en contenidos de magnesio de entre seis y nueve años en material Deli x La Mé y Deli x

Tabla 10. Contenido de Mg(% materia seca) en algunos ensayos con clones

MATERIA DE SIEMBRA	Mg (DIC.1988)	Mg (ENE. 1985)		Mg (ENE. 1985)	
LM 2T x DA 10D	0,242(100)bc	0,331(100)a	0,304(100)a	0,371(100)bc	0,361(100)cde
LMC 056		0,307(93)ab	0,301(99)a		
LM 10T x DA 8D		0,255(77)c	0,250(82)b		
LMC 007		0,284(86)bc			
LMC 090				0,317(85)d	
LM 2T x DA 8D	0,226(93)cd	0,270(82)c	0,249(82)b		
LMC 051	0,209(86)d	0,222(67)d	0,212(70)c	0,328(88)b	0,346(96)de
DA1 15D AF x LM2T AF				0,392(106)ab	0,410(114)a
LMC 022				0,379(102)abc	0,395(109)ab
LMC 061				0,403(109)a	0,410(114)a
LM 10T x DA 118D		0,340(103)a		0,358(96)c	0,340(94)e
LMC 024	0,267(110)ab				
LMC 103				0,390(105)ab	0,369(102)cd
LM 2T x LM 269 D	0,265(110)ab				
LMC 057	0,292(121)a				

el material de siembra, aun cuando es probable que diferentes materiales puedan tener diferentes requisitos de fertilizantes. Sin embargo, si recalcan que con la identificación de materiales de siembra cada vez más precisos en plantaciones comerciales o cultivos pequeños, será necesario en el futuro determinar la variabilidad en respuestas a la nutrición y a los niveles críticos resultantes.

CONCLUSIÓN

Los resultados de estas pruebas muestran que cuando los contenidos de magnesio en las hojas alcanzan niveles muy bajos, inferiores a 0,18 -

Yangambi. No es posible un análisis estadístico, pero se puede ver que los cruzamientos han permanecido en aproximadamente el mismo orden (Tabla 11).

Tabla 11. Contenido magnesio en materiales de diferente origen (Ensayo AKPG 12).

MATERIAL DE SIEMBRA	Mg (DIC.1983)		Mg (ENE. 1985)		Mg (ENE. 1987)	
	m.s%	T%	m.s%	T%	m.s%	T%
BJ 345	0,313	126	0,264	139	0,339	150
BJ 217	0,235	95	0,185	98	0,231	102
BJ 095	0,302	122	0,244	129	0,275	122
T 066	0,255	103	0,174	92	0,24	106
SL 200	0,246	99	0,223	118	0,195	89
SL 134	0,214	86	0,161	85	0,226	100
DA 115DAF x LM2T	0,248	100	0,190	100	0,226	100
AF1						

Estos resultados no ofrecen ninguna conclusión práctica en cuanto al manejo de fertilizantes según

0.20% de materia seca, que generalmente corresponden a la aparición de síntomas marcados de deficiencia, se registran sustanciales mejoras en los rendimientos, siempre y cuando la absorción de magnesio sea buena. La simple observación de síntomas de deficiencia no es suficiente para establecer recomendaciones de fertilizantes, sino que es necesario obtener los resultados de los análisis foliares.

La absorción de magnesio es muy dependiente en las características del suelo en cada lugar: tipo y condición de complejo absorbente, su saturación con diferentes cationes, tales como calcio, competencia de absorción entre cationes, tales como potasio y magnesio, etc. Por ejemplo, el uso muy frecuente de cloruro de potasio o sulfato tiene un efecto depresivo sobre los contenidos de magnesio: esta caída raramente excede el 0,01 % de materia seca por kilogramo de fertilizante.

Por otro lado, el efecto depresivo de los fertilizantes de magnesio sobre la absorción de potasio también se debe tener en cuenta, ya que altos contenidos de magnesio se logran generalmente a expensas de la nutrición con potasio. En algunos casos, por ejemplo

en suelos de origen volcánico, se debe considerar el uso de fertilizantes fosforados que contengan calcio o cloruros que resulten en sinergia de absorción de calcio.

Por lo tanto, para cada lugar es necesario establecer curvas de respuesta a la absorción de fertilizantes y curvas de rendimiento (en términos de cantidad y a veces de calidad) y estudiar las interacciones con otros nutrientes. Esta propuesta, basada en un diseño experimental, conduce a la definición de dosis económicamente óptimas y de programas de fertilización basados en criterios económicos prevalecientes en cada escenario.

Los resultados de varias pruebas realizadas bajo condiciones ecológicas muy diferentes (suelo y clima), muestran que, por lo general, no tiene sentido obtener contenidos foliares de más de 0,20% de materia seca en la hoja 17 para material de siembra de origen Deli x La Mé. Algunos datos muestran también que ciertos cruzamientos dentro de ese material podrían expresar diferencias para absorción y expresión de síntomas de deficiencia. Aunque no ofrecen ninguna prueba formal, estos resultados sí sugieren que el germoplasma con claras características vegetativas debe ser manejado con niveles críticos específicos y programas de fertilización. Se tendrá que tener en cuenta este aspecto en el futuro, con la llegada al mercado de materiales variados obtenidos de semillas y eventualmente de materiales clonales.

BIBLIOGRAFÍA

- Breure, J.C.; Rosenquist, E.A. 1977. Une expérience de fumure sur palmiers à huile en sol volcanique de Papouasie-Nouvelle-Guinée. *Oléagineux* (Francia) v.32 no.7, p.301-310.
- Fallavier, R; Olivin, J. 1988. Etude expérimentale de la dynamique du potassium et du magnésium dans quelques sols tropicaux représentatifs des zones de culture du palmier à huile. *Oléagineux* (Francia) v.43 no.3, p.93-105.
- Marschner, H. 1997. Mineral Nutrition of Higher Plants. 2e éd. Royaume-Uni, Academic Press, Londres. 88p.
- Mengel, K.; Kirkby, E.A. 1987. Principles of Plant Nutrition. 4e éd. International Potash Institute, Berne, Suisse. 685p.
- Ollagnier, M.; Olivin, J. 1984. Effets de la nutrition sur la production. Progrès génétiques et effets de la nutrition sur la qualité de l'huile de palme. *Oléagineux* (Francia) v.39 no.8-9, p.401-407.
- Ummar Aakbar; Tampubolon, F.H.; Amiruddin, D.; Ollagnier, M. 1976. Fertilizer experimentation on oil palm in North Sumatra. *Oléagineux* (Francia) v.31 no.7, p.305-316.