Agronomía Costarricense 8 (2): 119-127. 1984

RESPUESTA DEL CAFETO (*Coffea arabica* c v.' Caturra') A DOSIS CRECIENTES DE MAGNESIO EN UN SUELO DE GRECIA, ALAJUELA. 1*

*José Francisco Corella***
Carlos López ***

Response of coffee (*Coffea arabica* c v. 'Caturra') to increasing magnesium levels in a Costa Rican Humitropept soil. Increasing levels of magnesium were applied to three years old coffee plants grown under non shade conditions in a magnesium deficient soil (Andic Humitropept) in the western part of the Central Plateau, Province of Alajuela, Costa Rica. Six levels of magnesium (0-40-80-120-160 and 200 kg/MgO/ha/year) were tested using two soil applications of magnesium sulphate in a randomized block desing with five replications. As blanket fertilization 800 kg/ha of 20-7-12-0-1.2 (N- P_2O_5 - K_2O - MgO - B_2O_3) was used. Foliar samples were taken monthly from July to December. No seasonal variations (statiscally significant) in the foliar nutrient content, were found; however, there were differences among rates of fertilizer application and the control. Apparently the nutritional unbalance between potassium and the alkaline earth metals in the soil as well as in the foliar tissues was due to the high potassium content of the soil.

INTRODUCCION

Los suelos cafetaleros, en especial los de la región occidental del Valle Central, presentan desequilibrio entre los metales alcalinos y alcalinotérreos, debido a exceso de fertilización potásica, lavado de bases cambiables, pH bajo, absorción de cationes por las plantas, fijación por arcillas y reprecipitados como minerales secundarios (6). Esta situación trae como consecuencia contenidos altos de potasio y deficientes en calcio y magnesio en el suelo debido al fuerte antagonismo existente entre estos tres elementos (1,4,5) que los hace competir por su absorción en la planta; además un contenido alto de cualquiera de ellos, deprime la absorción de los otros (5). Esto señala que la fertilidad de un suelo se debe ver en forma integral, como un todo, y no elemento por elemento (14).

El objetivo del presente trabajo fue estudiar el contenido y variación estacional de magnesio en tejidos foliares de cafeto, así como algunas variables relacionadas con la cantidad de este elemento en el suelo y su acción sobre los otros nutrimentos esenciales para el crecimiento normal de una planta.

MATERIALES Y METODOS

El ensayo se llevó a cabo en La Argentina del Cantón de Grecia, de la Provincia de Alajuela; el ecosistema natural de esta zona corresponde a un bosque tropical húmedo premontano según la clasificación de Holdridge (13). El experimento se inició el 17 de mayo de 1979, en la Hacienda Peralta, utilizando un diseño de Bloques Completos al Azar con 7 tratamientos y 5 repeticiones; la parcela total constó de 30 plantas y la parcela útil de las 8 plantas centrales. La plantación era de condición solana, de 3 años de edad, de la variedad 'Caturra'. Los tratamientos evaluados fueron un testigo abso-

---

1. Recibido para su publicación el 10 de junio de 1983

* Parte de la tesis de grado de Ingeniero Agrónomo presentada por el primer autor a la Escuela de Fitotecnia, Universidad de Costa Rica.

** Unidad de Suelos, Ministerio de Agricultura y Ganadería.

*** Centro de Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica.

luto, un testigo más base, 40, 80, 120, 160 y 200 kg/ha de MgO.

La fertilización básica utilizada corresponde a la fórmula 20-7-12-0-1,2; la fuente de magnesio fue sulfato de magnesio.

Se hizo un muestreo cada 30 días durante 6 meses (de julio a diciembre), durante los cuales se tomó el segundo para las hojas de la parte media de la planta.

Las muestras foliares se lavaron con agua destilada, se secaron en una estufa a 70C por dos días, se molieron y se sometieron a una digestión nítrico-perclórica con una relación 5:1; de esta digestión se determinó el potasio y el calcio en el fotómetro de llama, el magnesio, hierro, cobre, cinc y manganeso se analizaron por espectrofotometría de absorción atómica, según la metodología descrita por López (17).

El fósforo se determinó por el método colorimétrico descrito por Jackson (15).

Se tomaron las muestras de suelo de 0 a 20 cm de profundidad. Una vez secas al aire, cribadas y homogenizadas, se sometieron a los análisis químicos. El pH se determinó según el método propuesto por Jackson (15).

La materia orgánica se analizó por el método descrito por Walkley y Black, citado por López (17). El potasio, el cobre y el magnesio se obtuvieron por el método de acetato de amonio 1N, pH7, descrito por Peech *et al.*(23). El fósforo se determinó por el método colorimétrico descrito por Jackson, citado por López (17). La capacidad de intercambio catiónico se analizó según el método propuesto por Jacobs y Reed, citado por López (17). Los micronutrimentos se analizaron utilizando un extracto de Olsen modificado citado por Díaz-Romeu y Hunter (10). El aluminio se determinó por el método propuesto por Kamprath (16) y la textura se analizó por el método del hidrómetro de Bouyoucos, citado por López (17).

RESULTADOS Y DISCUSION

Factores de suelo

El suelo experimental, cuya caracterización físico-química se presenta en el Cuadro 1, mostró una fertilidad baja, según Carvajal (7). Al comparar los valores de dicho cuadro, con los patrones de diagnóstico dados por Díaz-Romeu y Hunter (10), se deduce que el fósforo, el hierro, el cobre, el manganeso y el potasio están en cantidades óptimas, mientras el contenido de calcio, magnesio y cinc está por debajo del nivel crítico, por lo que se espera respuesta a la fertilización mineral de estos nutrimentos por parte del cultivo de cafeto.

De acuerdo con los patrones mencionados por Sáenz (26), el contenido de materia orgánica y la capacidad de intercambio catiónico fueron altos (6). El aluminio presentó un valor alto según Ramírez (25); en Brasil (3), se considera este valor como medio y la saturación de aluminio, de 19,4 %, como levemente perjudicial para el crecimiento de los cultivos (3).

Cuadro 1: Caracterización físico-química del suelo experimental (0–20 cm).

Arena %	22,0
Limo %	31,0
Arcilla %	47,0
Nombre textural	Franco-arcilloso
pH en agua	4,5
Capacidad de intercambio catiónico	28,60
Capacidad de intercambio catiónico efectiva	5,72
K meg/100g	0,97
Ca meq/100 g	3,09
Mg meq/100 g	0,73
Al meq/100 g	0,93
P ppm	15,0
Fe ppm	62
Cu ppm	17
Zn ppm	2,0
Mn ppm	40
Relación Ca/Mg	4,23
Relación Ca/K	3,18
Relación Mg/K	0,75
Relación (Ca + Mg) K	3,94
Relación 100 K (Ca + Mg + K)	10,88
Materia Orgánica %	6,44

Según Mehlich (20), Briceño (4) y Forestier (12), los valores de las relaciones de Ca/Mg y K/Mg del suelo, indicaron una deficiencia severa de magnesio con respecto al potasio y al calcio. La relación Ca + Mg/K, presentó un contenido de potasio excesivo, y de calcio y de magnesio deficientes de acuerdo con Mehlich (20) y Briceño (4). La razón de 100 K/Ca + Mg + K, según Briceño (4) y Forestier (12), presenta un valor excesivo de potasio.

Las Figuras 1 y 2, se presenta en una forma gráfica el estado de fertilidad del suelo en estudio; esta forma de graficar fue utilizada por primera vez por Alvim y Cabala, citados por Alvim (2). En la Figura 1 se colocaron los valores de fósforo, materia orgánica, potasio, pH y la suma de calcio y magnesio en forma creciente del centro a los extremos; para el aluminio los valores se colocan de manera decreciente. Se considera que para un suelo de alta fertilidad debe formarse un círculo con los penúltimos valores del centro a los extremos.

La Figura 2 es una adaptación de la anterior manera de graficar, en donde se toma los valores de calcio, potasio y magnesio y las razones Mg/K, Ca/K y Ca/Mg; todos los valores se colocan de manera creciente del centro a los extremos. Para que los valores descritos como deficientes, por los diferentes autores (4,5,12,20) formaran un círculo, se hizo un ajuste de escala. En este gráfico se nota de manera clara que el magnesio, calcio y relaciones Ca/K, Mg/K fueron deficientes, la relación Ca/Mg alcanza un valor 4, el cual según Mehlich (20) señala un contenido deficiente de magnesio. Se observa también el alto contenido de potasio en el suelo.

Efecto de la aplicación de magnesio al suelo sobre el contenido foliar de algunos nutrimentos.

En el Cuadro 2, se presenta el efecto de las cantidades crecientes de magnesio aplicadas al suelo sobre el contenido foliar de nutrimentos; de este cuadro se concluye que no hubo efecto de las aplicaciones de este catión al suelo, sobre el contenido de los diversos nutrimentos en la planta; existieron pequeñas variaciones de tendencias indefinidas y de ninguna significancia estadística a excepción del testigo absoluto, con el cual hubo diferencias significativas en cuanto a contenido foliar de macro y micronutrimentos. Este comportamiento del sulfato de magnesio, se debe a su acción lenta en el suelo, ya que según Pérez (24), el $MgSO_4$ duró de 18 a 24 meses para corregir una deficiencia de Mg en el suelo, mientras Fiester (11), encontró que tarda para corregir la deficiencia de magnesio de 6 a 12 meses. Otra razón de la ineficaz acción del fertilizante magnésico es debido a: a) alto contenido de potasio en el suelo b) contenido deficiente de magnesio en el suelo y c) el antagonismo que existe entre ellos. Nielson (22), explica que la absorción iónica de K, Ca y Mg se lleva a cabo principalmente por competencia de sitios activos; de acuerdo con esta hipótesis los cationes son transferidos a través de la membrana celular, cuando se unen a sitios de enlace del complejo ion-transportador; hay numerosos complejos ion-transportador en cada sitio, con características afines a varios iones o grupos de iones químicamente similares. En el caso del potasio, calcio y magnesio el sitio activo es el mismo o la afinidad química por los transportadores es muy parecida, por lo que estos iones compiten por sitios idénticos; esto explica el hecho que al haber mayor cantidad de algunos de ellos en la solución del suelo se produce interferencia con la absorción de los otros iones.

El nitrógeno total soluble en agua (NTSA), presentó un valor promedio de 2403,9 ppm; este valor cae dentro del ámbito de suficiencia hallado por Carvajal y López (8). El NTSA presentó una respuesta negativa de alta significancia, en relación a los muestreos foliares (Fig. 3 y Cuadro 3). En referencia a algunos nutrimentos, el NTSA presentó una correlación positiva altamente significativa (0,97) con el nitrógeno de nitratos ($N\text{-}NO_3$) y correlacionó en forma negativa con el NOSA, fósforo, potasio, magnesio, hierro y manganeso; esto denota el antagonismo que existe entre el nitrógeno y el potasio, lo que concuerda con lo encontrado por varios autores (6,14,21).

El nitrógeno de nitratos ($N\text{-}NO_3$), se comportó en forma similar al NTSA, en relación con su variación estacional, (Fig. 4 y Cuadro 3). Su contenido foliar, 1730 ppm, cae dentro de los valores mayores de normalidad, hallados por Carvajal y López (8).

El nitrógeno orgánico soluble en agua (NOSA) presentó un contenido de 685 ppm que es de los valores más altos dentro del rango de suficiencia (8). El NOSA presentó una regresión cúbica con respecto a los muestreos (Cuadro 3); en cuanto a su relación con los otros nutrimentos, sólo correlacionó en forma negativa con el NTSA, $N\text{-}NO_3$ y con el cobre en forma positiva, con alta significancia en los tres casos.

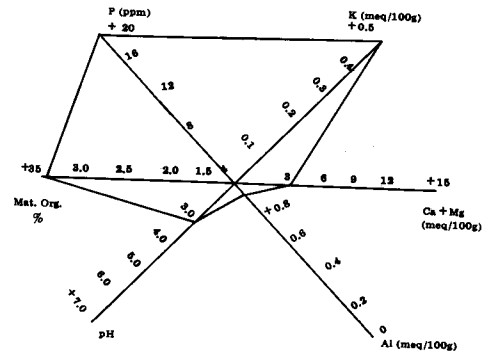

Fig. 1. Representación de la fertilidad del suelo en estudio

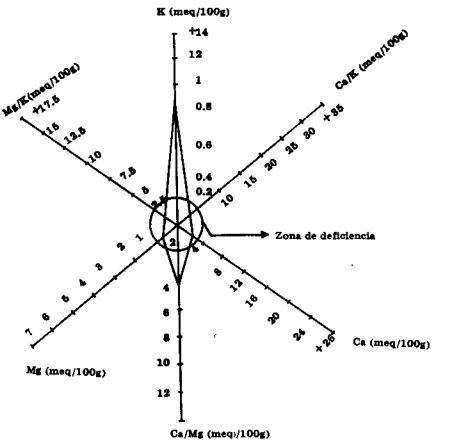

Fig. 2. Representación gráfica de los contenidos catiónicos y sus relaciones en el suelo experimental

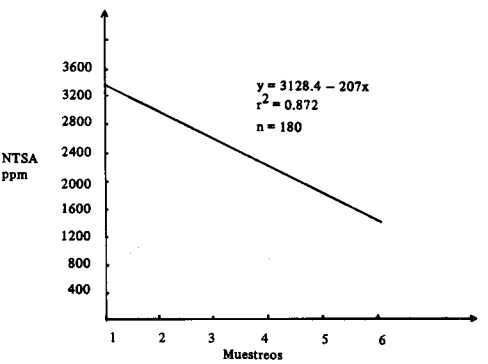

Fig. 3. Relación entre el contenido de nitrógeno total soluble en agua y los muestreos (efectuados cada mes, de julio a diciembre 1979).

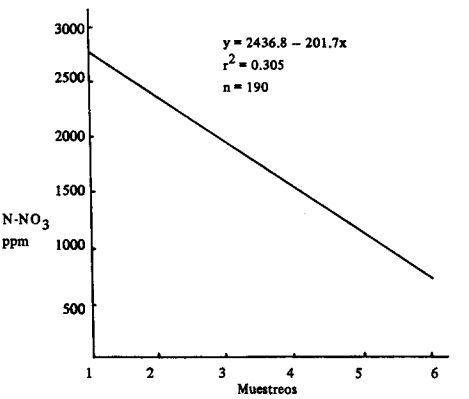

Fig. 4. Relación entre el contenido de nitrógeno de nitratos y los muestreos (efectuados cada mes de julio o diciembre 1979).

Cuadro 2: Contenido foliar de nutrimentos con relación a las aplicaciones de magnesio al suelo.

TRATAMIENTOS MgO kg/ha	NTSA[1]	NOSA	$N-NO_3$	$P-PO_4$	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Fe	Mn
	ppm				%			ppm			
Testigo absoluto	2125,1	703,4	1480,9	697,3	2,51	0,47	0,21	12,9	31,9	152,7	186
0	2422,5	723,8	1698,4	652,7	2,42	0,43	0,21	13,9	38,5	164,0	230
40	2513,5	672,9	1796,6	689,8	2,46	0,45	0,23	13,2	34,6	145,00	228
80	2572,8	672,4	1903,5	677,4	2,50	0,40	0,21	14,0	41,4	142,0	195
120	2560,4	680,6	1913,6	688,5	2,56	0,43	0,22	12,3	34,3	149,3	208
160	2392,5	680,6	1719,5	658,6	2,48	0,43	0,22	12,3	28,6	148,6	216
200	2240,5	660,8	1603,3	681,3	2,41	0,41	0,21	12,6	34,0	152,6	242

1/ NTSA: Nitrógeno total soluble en agua; NOSA: Nitrógeno orgánico soluble en agua.

Cuadro 3: Contenido foliar de algunos nutrimentos con respecto a los muestreos mensuales.

Epocas de muestreos	NTSA	NOSA	$N-NO_3$	$P-PO_4$	K	Ca	Mg
	ppm					%	
julio	2535	250	1785	545	1,61	0,38	0,11
agosto	2387	809	1578	637	2,73	0,50	0,23
setiembre	3633	338	3295	564	2,55	0,38	0,23
octubre	1781	752	1029	626	2,85	0,42	0,24
noviembre	1625	784	841	827	2,59	0,47	0,24
diciembre	1464	607	857	868	2,53	0,42	0,22

Cuadro 4. Contenido foliar promedio de Ca, K, Mg y sus relaciones.

Ca		Mg		K		Ca/K	Ca/Mg	Mg/K	Ca+Mg/K
%	meq	%	meq	%	meq	meq	meq	meq	meq
0,42	21	0,21	17,5	2,47	63,5	0,33	1,2	0,28	0,61

El contenido foliar de fósforo orgánico en ácido acético al 2% presentó un valor de 677 ppm, que concuerda con los valores de suficiencia hallados por Carvajal y López (8). La variación estacional de nutrimentos fue cuadrática (Cuadro 3), correlacionó en forma positiva, y altamente significativa con el K, Mg, Mn y Fe y de manera negativa con el NTSA y $N-NO_3$.

Metales alcalinos y alcalinotérreos.

El contenido de potasio (2,48%) fue normal según algunos autores (6,9,11,21) y excesivo según otros autores (19,21). En relación con los muestreos foliares, el potasio presentó una regresión cúbica, correlacionada en forma positiva y altamente significativa con el cobre, fósforo, hierro, calcio y magnesio, y correlacionó negativamente y con alta significancia con el NTSA y $N-NO_3$; es importante hacer notar que existió una correlación positiva entre el potasio y el magnesio, lo que no concuerda con lo encontrado con la mayoría de los autores (11,12,20). El contenido de potasio foliar no se vio afectado con las aplicaciones crecientes de magnesio al suelo (Cuadro 2), debido al alto contenido de potasio en el suelo, a la acción lenta del fertilizante y al contenido deficiente de calcio del suelo.

El magnesio foliar presentó un valor de 0,21%, que es normal según Carvajal (6), Chaverri *et al.*(9), Haag y Malavolta citados por Muller (21), y deficiente según Fiester (11). Este elemento presentó una regresión cuadrática en relación con los muestreos (Fig. 5), correlacionó en forma positiva y altamente significativa con el potasio, calcio, fósforo e hierro y lo hizo en forma negativa con el NTSA y N-NO_3.

El calcio fue deficiente según la mayoría de autores (9,11,12,19,21) y no presentó ningún efecto significativo con respecto a los muestreos (Cuadro 3); sólo presentó una correlación positiva de alta significancia con el K, Mg, y el Fe.

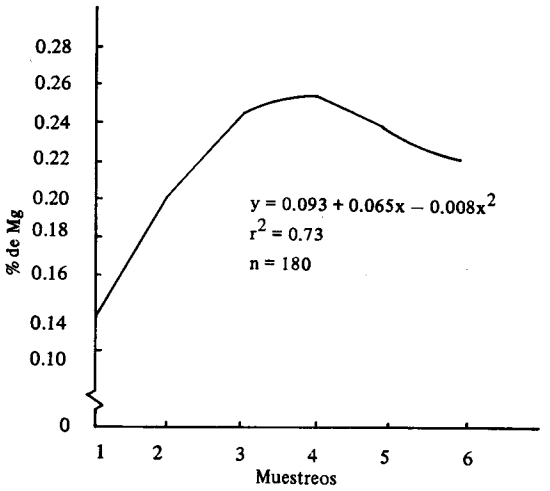

Fig. 5. Relación entre el contenido de magnesio y los muestreos foliares (efectuados cada mes, de julio a diciembre 1979).

Es importante hacer notar que el K, el Ca y el Mg correlacionaron entre sí en forma positiva. Al comparar los valores hallados (Cuadro 4) con los patrones dados por Chaverri *et al.*(9), se observa que en el cociente Ca/K el calcio fue deficiente, la relación Mg/K mostró al magnesio como insuficiente y la relación Ca/Mg presentó al calcio como deficitario. El cociente Ca + Mg/K, mostró que la sumatoria de estos nutrimentos (calcio y magnesio) era deficiente, lo que indica que existió un desequilibrio favorable al potasio y desfavorable al calcio y el magnesio.

El método empleado para elaborar la Figura 6, fue el utilizado por Loué (18). El citado autor señala que la suma de los contenidos foliares de K, Ca y Mg varía relativamente poco. Suponiendo su constancia le da un valor de 100 a esta suma y estudia, en función de los porcentajes que cada uno representa, el equilibrio K/Ca/Mg. En la figura mencionada, se observa la interacción entre el potasio, el calcio y el magnesio; de ahí se deduce que existe una fuerte interacción antagónica del potasio con el calcio, y del potasio con el magnesio; también se concluye de esta figura que hay un desequilibrio catiónico favorable al potasio y desfavorable al calcio y magnesio, originado por el alto contenido foliar de potasio (19,21) y deficiente de magnesio (11) y de calcio (9,11,12,19,21).

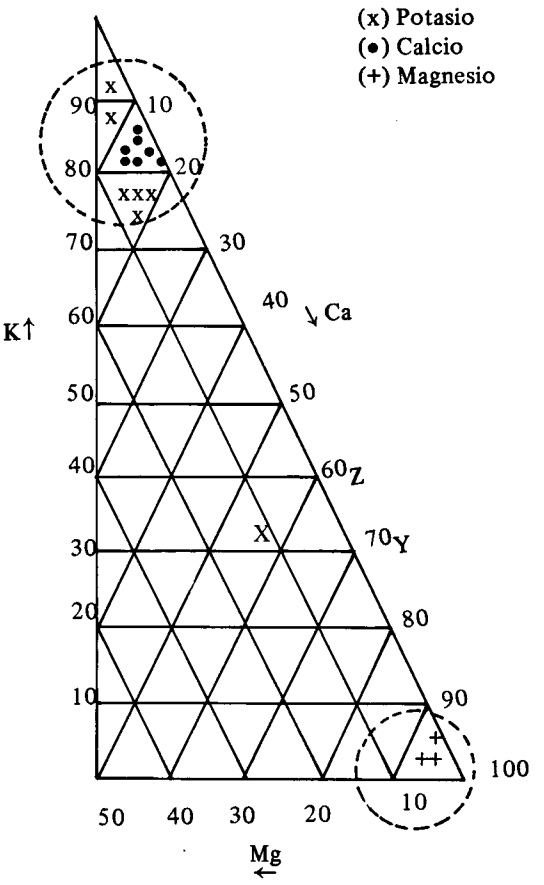

Fig. 6. Equilibrio de K/Ca/Mg en hojas de cafeto. (*Coffea arabica* 'cv' Caturra)

Al contrastar la distribución de los puntos expresados en la figura triangular, con los resultados obtenidos por Loué (18), en los cuales este autor distingue cinco zonas, tenemos que los valores encontrados se concentraron en las zonas extremas: en la zona A, en la cual el porcentaje de calcio casi no varía y el antagonismo potasio-magnesio es muy fuerte y en la zona F, en donde el contenido de magnesio casi no varía y el antagonismo potasio-calcio es muy fuerte. Estos resultados confirman los valores obtenidos en el análisis de suelo y la presencia de síntomas de deficiencia de magnesio en la plantación, lo que prueba la utilidad de estas técnicas para el diagnóstico de problemas nutricionales en el complejo sistema suelo-planta.

Elementos menores

Se encontró un contenido foliar de hierro de 150 ppm, el cual es normal (6,9,11,21). En relación con los muestreos foliares el contenido de Fe presentó una regresión cúbica, además una correlación positiva de alta significancia, con el P, Ca, Mg, K y el Mn y correlacionó en forma negativa con el NTSA y N-NO_3.

El cobre presentó un valor normal (13 ppm) según Koss, Culot *et al.* y Lott *et al.* citados por Muller (21). Este elemento fue el único que mostró una respuesta de alta significancia en la interacción tratamiento/muestreo; presentó una regresión cuadrática en relación con los muestreos y correlacionó en forma positiva con el Ca, K y Mg.

El manganeso foliar presentó un valor 98,6 ppm, el cual es normal según Cibes y Samuels, Culot y Peralta citados por Muller (21). Chaverri *et al.*(9) consideran alto este valor. El manganeso correlacionó en forma positiva con el P, K, Ca, Mg, Fe y Cu y en forma negativa con el NTSA y N-NO_3. Presentó una regresión cúbica en relación a los muestreos foliares efectuados.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:

1. La fertilidad del suelo experimental fue baja, ya que la sumatoria de Ca + Mg + K fue menor de 5 meq/100g de suelo, además presentó un desequilibrio entre los metales alcalinos y alcalinotérreos, favorable al potasio (excesivo) y desfavorable al calcio y al magnesio (deficientes). El contenido de cinc estuvo debajo del nivel crítico.

2. Los contenidos foliares de NTSA, NOSA, N-NO_3, fórforo orgánico, hierro y cobre fueron normales de acuerdo con los autores citados. Aunque algunos investigadores consideran alto el potasio e insuficientes el contenido al magnesio otros consideran normales los valores encontrados para estos elementos. El valor de calcio hallado es deficiente.

3. Las relaciones de K, Ca y Mg en los tejidos foliares, mostraron un desequilibrio en favor del potasio y desfavorable al calcio y al magnesio. Esto explica los síntomas visuales de insuficiencia de magnesio en las hojas de cafeto.

4. Se recomienda hacer aplicaciones períodicas de $CaCO_3$, (la cantidad a aplicar, depende del contenido de aluminio en el suelo) para suplir el calcio y para restablecer el equilibrio entre el K, Ca y Mg. Además se considera que es necesario aplicar magnesio, como $MgSO_4$ después del encalado para mantener el equilibrio catiónico en el suelo bajo estudio.

RESUMEN

Se realizó un ensayo de dosis crecientes de magnesio en un suelo Andic Humitropept de la Zona Occidental del Valle Central, empleando una parcela de café de variedad 'Caturra' de 3 años de edad, de condición solana con síntomas visuales de deficiencia de Mg, ubicada en una zona correspondiente a un Bosque Húmedo Premontano.

Se emplearon niveles de MgO de 0, 40, 80 120, 160 y 200 kg/ha/año, repartidos en dos aplicaciones. Se efectuaron muestreos foliares mensuales durante seis meses, (de julio a diciembre). Se evaluaron los contenidos de algunos nutrimentos en el suelo y en el follaje, en especial el Ca, K y Mg y sus relaciones. Además se estudió la variación estacional de dichos elementos en el follaje.

En el ensayo no se encontró respuesta de significancia de los tratamientos en relación con el contenido foliar de los nutrimentos pero sí se presentó una diferencia altamente significativa entre el testigo absoluto y los tratamientos, lo mismo entre los muestreos y el contenido foliar de cada nutrimento.

Se concluye que hubo contenidos foliares altos en nitrógeno y fósforo orgánico, contenidos foliares normales de potasio, magnesio y elementos

menores, pero deficiente en calcio. Las relaciones en el suelo y en las hojas reflejan el estado nutricional de la plantación (ya que presenta deficiencia de magnesio en las hojas), por lo tanto las relaciones indican un contenido de potasio excesivo (antagónico con el Ca y Mg) y deficiente de calcio y magnesio, tanto en el suelo como en los tejidos foliares.

LITERATURA CITADA

1. ADAMS, F. y HENDERSON, J. Magnesium availability as affected by deficient and adequate levels of potassium and lime. Soil Sci. Soci. Amer. Proc. 26 (1): 65-68. 1962.

2. ALVIM, P. de T. Agricultural production potential of the Amazon region. *In:* Sánchez, P. A. and L.E. Tergas (eds) Producción de Pastos en Suelos Acidos de los Trópicos CIAT, Colombia 1979. 521 p.

3. BRASIL, Governo do Estado de Minas Gerais. Secretaria de estado Da Agricultura. Recomendaçoẽs do uso de fertilizantes para o estado de Minas Gerais. 1972. 88 p.

4. BRICEÑO, J.A. Equilibrio de potasio en algunos suelos cafetaleros de Costa Rica. Tesis, Departamento de Química, Facultad de Ciencias y Letras, Universidad de Costa Rica. 1970. 71 p.

5. CAIN, J. C. Some interrelationships between calcium, magnesium, and potassium in one year old Mc Instash apple trees. Amer. Soc. Soil Sci. 51: 1-12. 1948.

6. CARVAJAL, L. F. Cafeto cultivo y fertilización. Instituto Internacional de la Potasa, Berna, Suiza, 1972. 141 p.

7. _____, Diagnóstico del estado de nutrición de los cultivos. Agronomía Costarricense 2 (2) 175-183. 1978.

8. _____ y LOPEZ, C. A. Nutrient uptake if coffe tree during a yearly cycle. Turrialba 19 (1): 13-120. 1969.

9. CHAVERRI, R. G., BORNEMISZA S. E. y CHAVEZ, S. F. Resultados del análisis foliar del cafeto en Costa Rica. Ministerio de Agricultura e Industria. Informe Técnico No. 3. 1957. 39 p.

10. DIAZ-ROMEU, R. y HUNTER, A. H. Metodología de muestreo de suelos, análisis químico de suelos y tejido vegetal e investigación de invernadero. Proyecto Centroamericano de fertilización de Suelos. CATIE, Turrialba, Costa Rica, 1978. 68 p.

11. FIESTER, D. R. The study of leaf chlorosis of coffee resembling the magnesium deficiency symptoms in some other fruit crops. M.S. Thesis. Ithaca. New York, Cornell University, 1953. 79 p.

12. FORESTIER, J. Potassium and the Robusta Coffee tree. Fertilité (France) 30: 3-63. 1968.

13. HOLDRIDGE, L. R. Determinación de las formaciones vegetales del mundo a base de datos climáticos simples, *In:* Hunter, J.R. Una nueva guía para el planeamiento del uso de la tierra de los trópicos. 1959. No. 3. 40 p.

14. HOME, M. V. et VEN SCHOOR, G. H. Alimentation minerale equilibrée des vegetaux. Vol. II. Universa Wetteren (Belgique), 1966. 424 p.

15. JACKSON, M. Soil chemical analysis. Prentice Hall Inc. Eaglewood cliffs, New Jersey, 1958. pp 38-39.

16. KAMPRATH, E. Acidez del suelo y su respuesta al encalado. International soil testing. Boletín técnico No. 4. North Carolina State University, 1967. 22 p.

17. LOPEZ, C. A. Manual de laboratorio de fertilidad de suelo. San José, Costa Rica. Escuela de Fitotecnia. Universidad de Costa Rica. 1976. 44 p.

18. LOUE, A. La fumure potassique et la nutrition menérale du mais. Doc. Societé Commerciale des Potasses et de l' Azote, 1965. 75 p.

19. MACHADO, S.A. Los fertilizantes para el cafeto y el diagnóstico foliar. Chinchiná, Colombia. Centro Nacional de Investigación en café. Boletín informativo 7 (76): 123-136. 1956.

20. MEHLICH, H. Coffee soils in Kenya and their characteristics in relation to the mineral nutrition of arabia coffee. Coffee Research Foundation, Kenya Annual Report, 1966-1967 5-17 p.

21. MULLER, L. E. Coffee nutrition, *In:* Norman F. Childers, ed. Temperature to tropical fruit nutrition. Somerest Press Inc. New Jersey, USA. 1966. 888 p.

22. NIELSON, N. E. A transport kinetic concept of ion uptake from soil by plants II. The concept and some theoretic considerations. Plants. Plant and Soil 37: 561-576. 1972.

23. PEECH M. y ALEXANDER, L. Methods of soil analisys for soil fertility investigations. U.S. Departament of Agriculture. Circular 1947. 757 p.

24. PEREZ, V.M. Deficiencias de magnesio en el cafeto. San José, Costa Rica, Ministerio de Agricultura e Industria. Boletín Técnico No. 15. 1955. 4 p.

25. RAMIREZ, G. El análisis químico como guía para el diagnóstico de la fertilidad del suelo. *In:* Curso de capacitación en metodología sobre extensión forestal. Dirección General Forestal. Ministerio de Agricultura y Ganadería, San José, Costa Rica, 1980. 76 p.

26. SAENZ, A. Formulario técnico de suelos tropicales. San José, Costa Rica, Universidad de Costa Rica, Serie de Textos No. 24, 1975. 114 p.