

EFFECTO DE LA VARIACION DEL POTASIO DISPONIBLE EN EL SUELO SOBRE LA ABSORCION DE Ca, Mg Y K Y SUS INTERACCIONES FOLIARES 1/*

Carlos Henríquez **
 Floria Bertsch **
 Gilberto Cabalceta **

ABSTRACT

Effect of the variation of available K in the soil upon Ca, Mg and K uptake, and foliar interactions among bases. A greenhouse trial, to verify the influence of the relative amount of available K in the soil upon the uptake and concentration of K by a plant, was conducted. Interactive effects with foliar concentration of other soil cations, such as Mg and Ca, were also tested. Soils were selected from 8 different regions in Costa Rica (Turrialba, Siquirres, Turrubares, Coto Brus 1 and 2, Nicoya, Hojanca 1 and 2). Soil was placed in 400 ml pots, to which K was added to modify the Mg/K ratio by 20, 40, 60 and 80%. Tomato was used as indicator plant, harvested at 50 days, when dry weight and foliar concentration of bases were measured. For each soil, there was a significant quadratic regression (0.74**) of foliar concentration of K upon increases in soil K. A lower correlation (0.26**) was found between available K and total K uptake, due to yield differences among the different soils. Available K values above 1.5 cmol(+)/kg did not produce an important change in the concentration of K in the plants. Greater quantities of K uptake, for the majority of the soils, resulted in reduced yields. In agreement with published reports, significant interactions among foliar Ca, Mg and K, in seven of the soils tested, were found. Increases in available soil K produced an increase in foliar K and a decrease in levels of foliar Ca and Mg. It is suggested that field tests be run, to determine more precisely the economic importance of these interactions upon yield.

INTRODUCCION

El potasio, elemento de gran importancia en los procesos celulares de las plantas, ha sido objeto de muchos estudios que buscan esclarecer las incógnitas relacionadas con su dinámica en los suelos y en las plantas; sin embargo, es poco lo que está completamente resuelto.

La literatura señala que la concentración mineral de un elemento en la planta depende esencialmente de su absorción, transporte y acumulación (Carvajal, 1985; Leonard, 1985; Dibb y Thompson, 1985), procesos que están determinados por la

-
- 1/ Recibido para publicación el 1° de marzo de 1990.
 * Parte de la tesis de Ing. Agr. presentada por Carlos Henríquez Rivas ante la Escuela de Fitotecnia, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica. Proyecto financiado por el Potash and Phosphate Institute (PPI).
 ** Centro de Investigaciones Agronómicas, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. La segunda autora es miembro del Programa de Apoyo Financiero a Investigadores Científicos del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICIT) de Costa Rica.

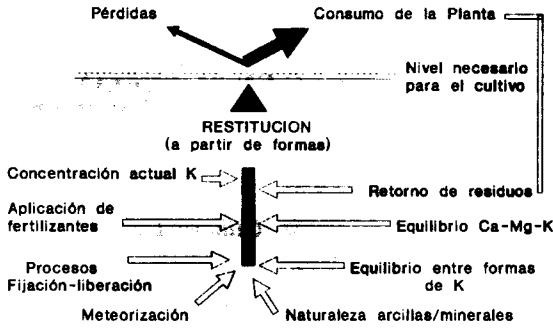


Fig. 1. Factores que afectan el poder de suministro de K en el suelo.

concentración iónica del elemento en la solución externa del suelo, la cual es modificada por muchos factores, que se resumen en la Figura 1.

Se considera que una planta es deficiente en un elemento cualquiera, cuando su concentración en los tejidos es inferior a la que permite un crecimiento óptimo. Los síntomas de deficiencia pueden desarrollarse cuando la concentración del elemento en el suelo es baja, cuando el elemento está presente en formas no disponibles para la planta, o debido a

los efectos antagonicos entre distintos elementos (Barceló *et al.*, 1983; Ologunde y Sorensen, 1982).

La concentración de un elemento en la planta puede variar, especialmente entre el nivel de necesidad y el de consumo de lujo, sin tener una influencia visible en el crecimiento (Cowie, 1951; Melsted *et al.*, 1969; Clarkson y Hanson, 1980).

La literatura informa ampliamente sobre las interacciones que existen entre las bases (Ca, Mg, K) a nivel foliar (Ologunde y Sorensen, 1982; Dibb y Thompson, 1985). La absorción de Mg por la planta disminuye debido a la adición de K al suelo, especialmente en suelos con bajas saturaciones de Mg (McLean y Carbonell, 1972; Terman *et al.*, 1975; Usherwood, 1982; Foy y Barber, 1966). McLean y Carbonell (1972), sin embargo, no encontraron disminuciones en el rendimiento del maíz, aún cuando la aplicación de K causó una deficiencia visible de Mg.

Pocos estudios han sido realizados en Costa Rica para verificar las tendencias de acumulación y absorción de K, y sus interacciones foliares con el Ca y el Mg. Por esta razón, el objetivo de este trabajo fue estudiar la absorción, la concentración y las interacciones de Ca, Mg y K en tomate, bajo condiciones de invernadero, en suelos con diferentes niveles de K disponible.

Cuadro 1. Características físicas y químicas de los 8 suelos con problemas de K.

Suelo	Altitud (msnm)	Precip. (mm/año)	Clasif.	Text.	MO (%)	pH H ₂ O	mg/L			
							P	Fe	Cu	Mn
Turrialba	602	4000	Tropept	F	6,3	4,9	24	275	12	72
Siquirres	100	3000	Tropept	F	5,8	5,6	15	175	13	102
Turrubares	250	2000	Tropept	FAa	5,1	5,8	11	131	8	46
Coto Brus 1	1009	3000	Udand	Fa	14,4	5,5	15	173	17	17
Coto Brus 2	890	3500	Udand	Fa	14,9	5,6	13	130	25	12
Nicoya	130	1500	Tropept	F	6,3	5,7	11	128	15	16
Hojancha 1	350	1500	Tropept	FAa	6,5	5,3	13	155	13	27
Hojancha 2	600	1500	Tropept	FAa	5,3	5,2	16	134	12	51

Suelo	Ca	Mg	K	Acidez	Mg/K	Ca/K	Ca+Mg/K	% Saturación		
								Ca	Mg	K
	cmol (+)/L									
Turrialba	8,9	3,4	0,23	1,0	14,8	38,7	53,5	66,0	25,2	1,7
Siquirres	9,3	2,6	0,30	0,2	8,7	31,0	39,7	74,9	20,9	2,4
Turrubares	18,0	7,2	0,31	0,2	23,2	58,1	81,3	70,1	28,0	1,2
Coto Brus 1	5,6	0,6	0,27	0,3	2,2	20,7	23,0	82,8	8,9	4,0
Coto Brus 2	10,8	2,1	0,24	0,3	8,7	45,0	53,7	80,3	15,5	1,8
Nicoya	32,2	7,7	0,16	0,2	48,1	201,1	249,2	80,1	19,2	0,4
Hojancha 1	18,2	7,2	0,71	0,2	10,1	25,6	35,8	69,2	27,4	2,7
Hojancha 2	24,5	8,4	0,31	0,3	27,1	79,0	106,1	73,2	25,1	0,9

MATERIALES Y METODOS

Suelos

Se utilizaron 8 suelos, cultivados actualmente con café, provenientes de los cantones de Turrialba, Siquirres, Turrubares, Coto Brus, Nicoya y Hojancha, los cuales en estudios previos (Bertsch, 1986), mostraron altas probabilidades de presentar problemas con K, especialmente por la presencia de cocientes Mg/K altos.

Para el muestreo se definieron áreas de 1 ha y se muestreó en forma representativa hasta recoger suelo suficiente para la prueba de invernadero. Las características principales de los 8 suelos se presentan en el Cuadro 1.

Tratamientos

Los tratamientos consistieron en un testigo y 4 dosis de K, establecidas con base en modificaciones porcentuales de un 20%, 40%, 60% y 80% del valor inicial del cociente Mg/K de cada suelo (Henríquez, 1989). Las cantidades de K agregadas en cada caso se presentan en el Cuadro 2.

Rendimiento de invernadero

El experimento se realizó en los invernaderos del Centro de Investigaciones Agronómicas. Se usaron recipientes de 400 ml de capacidad de

suelo, adaptados a riego por capilaridad, como unidades experimentales. A todos los tratamientos se les aplicó una fertilización básica de N y P, de acuerdo a la metodología de Díaz-Romeu y Hunter (1978).

Se sembraron 8 plantas de tomate/maceta y a los 50 días se determinó el peso seco y la concentración foliar total de los elementos. Las muestras de suelo y foliares fueron procesadas de acuerdo a la metodología de Díaz-Romeu y Hunter (1978). El K disponible en el suelo fue extraído con solución Olsen Modificada, y el Ca y el Mg con KCl 1N.

Las variables fueron analizadas en forma global e individual para los 8 suelos.

RESULTADOS Y DISCUSION

En términos generales se encontró que, como lo señalan otros autores (Fassbender, 1980; Carvajal, 1985; McLean y Carbonell, 1972), la concentración y la absorción de K por la planta están, hasta cierto límite, en función directa del número de iones del elemento presentes en el medio que es explorado por las raíces de la planta (Figuras 2 y 3), o sea del K disponible.

Cuadro 2. Cantidades de K adicionadas para conformar los tratamientos en cada uno de los suelos, y K disponible presente después de la aplicación.

Tratamiento	Dosis K disponible		Dosis K disponible		Dosis K disponible		Dosis K disponible	
	cmol(+)/L		cmol(+)/L		cmol (+)/L		cmol (+)/L	
	Turrialba		Siquirres		Turrubares		Coto Brus 1	
0%	0,00	0,30	0,00	0,37	0,00	0,43	0,00	0,39
20%	0,09	0,33	0,13	0,45	0,07	0,51	0,26	0,58
40%	0,23	0,47	0,35	0,57	0,19	0,64	0,69	0,92
60%	0,52	0,61	0,78	0,89	0,42	0,91	1,56	1,37
80%	1,40	1,25	2,08	1,97	1,12	1,62	4,16	2,97
Tratamiento	Dosis K disponible		Dosis K disponible		Dosis K disponible		Dosis K disponible	
	cmol(+)/L		cmol(+)/L		cmol (+)/L		cmol (+)/L	
	Coto Brus 2		Nicoya		Hojancha 1		Hojancha 2	
0%	0,00	0,50	0,00	0,34	0,00	0,94	0,00	0,53
20%	0,09	0,72	0,13	0,38	0,12	1,04	0,06	0,58
40%	0,23	1,06	0,36	0,42	0,31	1,26	0,15	0,68
60%	0,53	1,49	0,81	0,50	0,71	1,88	0,35	0,83
80%	1,40	2,90	2,16	0,72	1,88	3,72	0,92	1,27

Los tratamientos corresponden a la modificación porcentual del cociente Mg/K.

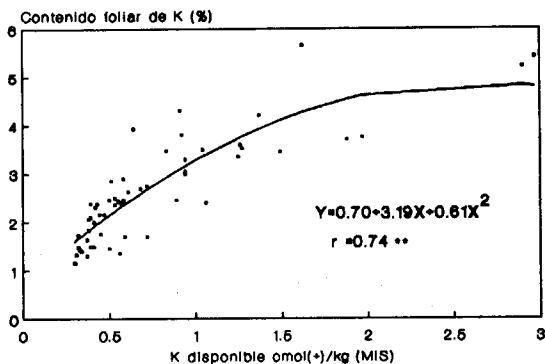


Fig. 2. Relación entre el contenido de K disponible en el suelo y el contenido foliar de K en tomate.

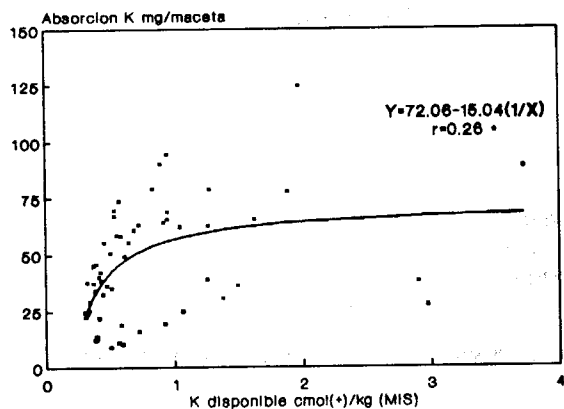


Fig. 3. Absorción de K en tomate con relación al K disponible en el suelo (MIS) en los ocho suelos.

Concentración de K

La concentración foliar de K en el tomate presentó un incremento cuadrático con respecto al K disponible en el suelo (Figura 2). La curva básicamente presentó dos partes: una zona de aumento de la concentración casi lineal, con respecto al K disponible en el suelo, que demuestra la relación directa que existe entre la concentración iónica externa y la concentración foliar, y una zona estable, en la cual, grandes aumentos en el K disponible en el suelo no provocaron cambios significativos en la concentración del elemento (Figura 2).

Se ha sugerido que, a valores extremadamente altos de K en el suelo, los factores que interactúan en la concentración y acumulación del

elemento en la planta podrían ser, por ejemplo, sobresaturación de sitios de transporte, dilución, equiparación de gradientes, etc. (Dibb y Thompson, 1985; Leonard, 1985).

Absorción de K

En la Figura 3 se observa la cantidad de K absorbida por la planta de tomate (mg/maceta), con relación al K disponible en el suelo.

De igual forma que para la concentración foliar, se presentó una primera etapa de aumento en la absorción hasta un cierto valor, a partir del cual, con aumentos bastante grandes en el K disponible del suelo, sólo se produjeron cambios mínimos en la absorción. Este comportamiento concuerda con el expuesto por Leonard (1985).

Carvajal (1985) señala que entre un 70 y 80% del K de la planta es absorbido por procesos de difusión, a partir de una gradiente entre planta-suelo, sin embargo, esta gradiente puede bloquearse por una abundancia del ión en el medio y, por lo tanto, el flujo se reduce. También se debe tomar en cuenta que el paso del K a través de la membrana plasmática es facilitado por transportadores enzimáticos, los cuales poseen un finito número de sitios de enlace con el K, que pueden llegar a saturarse e impedir flujos excesivos del elemento a la planta (Leonard, 1985).

La especie vegetal utilizada es la que determina el contenido absoluto de nutrientes foliares presentes en ella; sin embargo, en este caso se podría generalizar que, a valores de K disponible en el suelo mayores de 1.5 cmol(+)/kg, no se produjeron mayores variaciones en el comportamiento de K en la planta.

El comportamiento de la absorción de K en cada uno de los suelos (Figura 4) fue muy similar al comportamiento general (Figura 3). El punto de inflexión, a partir del cual la curva de absorción tendió a estabilizarse, correspondió a valores diferentes de K disponible en cada suelo; sin embargo, todos se ubicaron dentro de un ámbito que fluctuó de 0,7 a 1,5 cmol(+)/kg. A diferencia de los demás suelos, en el de Siquirres no se produjo este punto de inflexión, aún a valores de K superiores a 1,5 cmol(+)/kg. El suelo Hojanca 1 tampoco mostró este punto, pero su correlación no fue significativa. Es importante señalar que los 2 suelos volcánicos, (Coto Brus 1 y Coto Brus 2), fueron los que mostraron el punto de inflexión a los valores de K disponible más altos (1,5 cmol(+)/kg), sin embargo, presentaron las

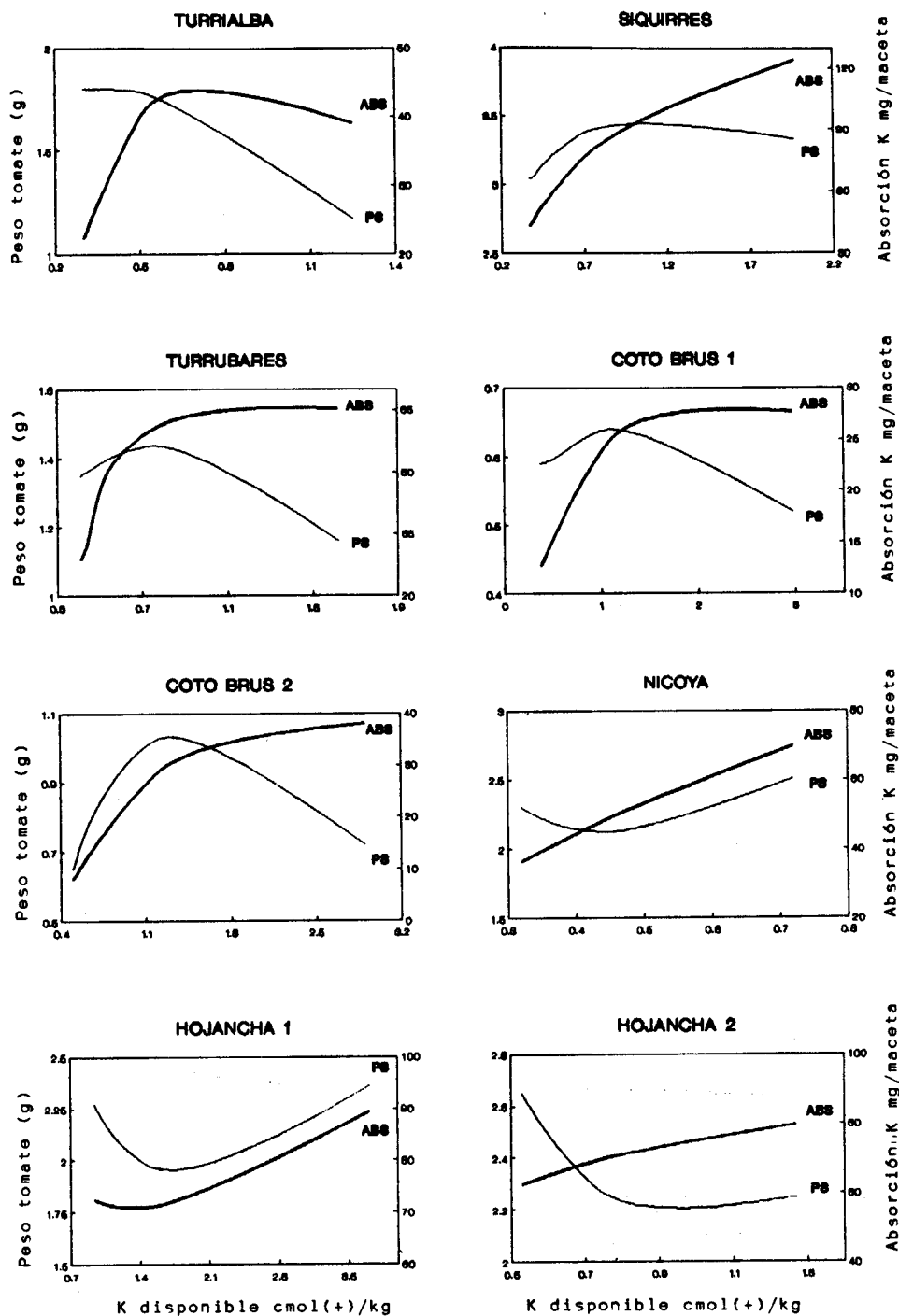


Fig. 4. Relación entre el peso (PS) y la absorción (AB) de K en tomate, con el potasio disponible en 8 suelos de Costa Rica.

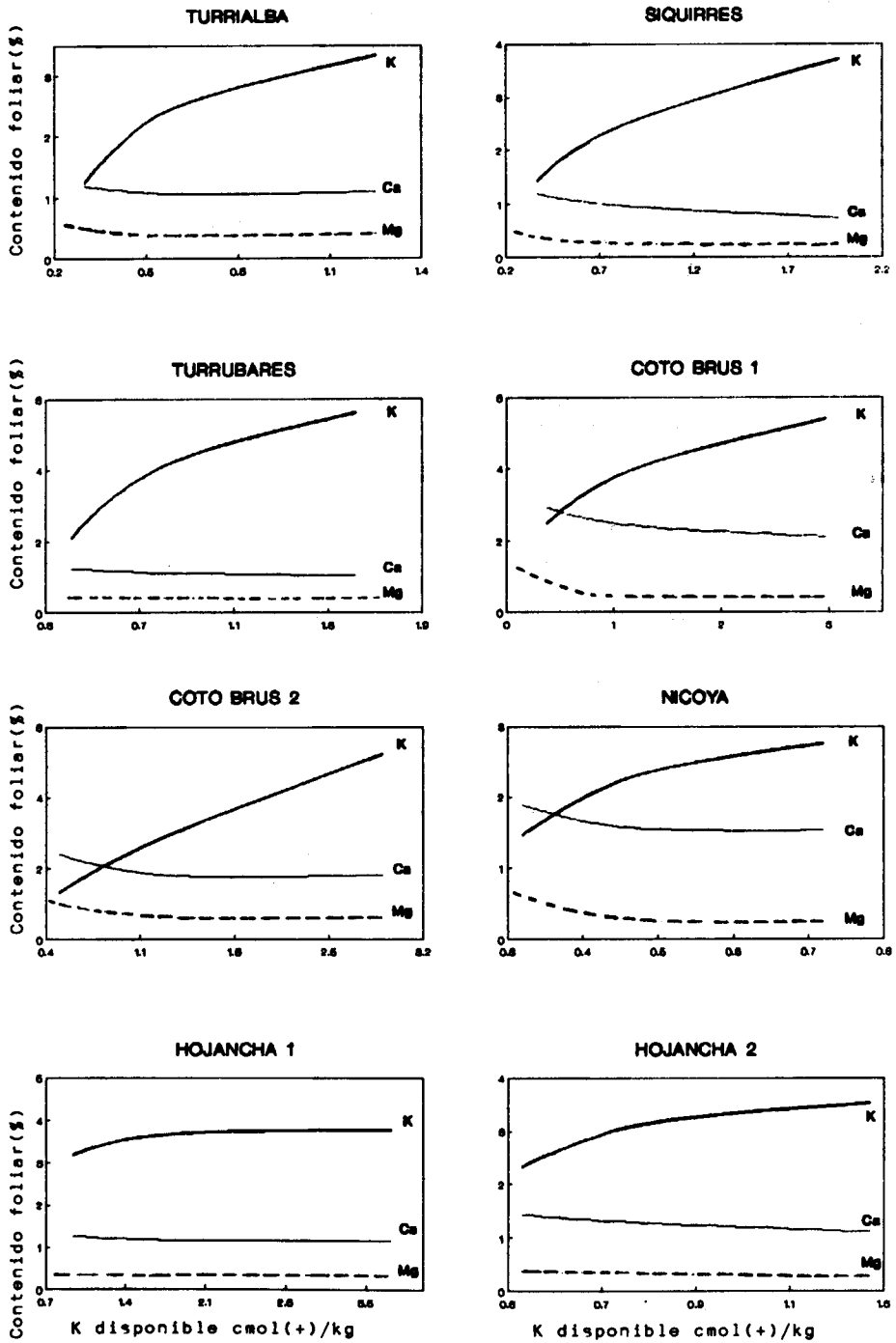


Fig. 5. Relación entre los contenidos foliares de bases en tomate y el potasio disponible en 8 suelos de Costa Rica.

cantidades de K absorbido más bajas, comparativamente con los otros suelos.

Como también se observa en la Figura 4, aumentos en el K disponible extraído con Olsen Modificado, no siempre fueron acompañados de aumentos en peso seco. En condiciones favorables, la planta absorbe cantidades apreciables de K, como consumo de lujo, aún cuando no se produzcan incrementos significativos en el rendimiento (Melsted *et al.*, 1969). La decisión de alcanzar o no estos niveles debe recaer en índices de producción muy particulares en cada cultivo (calidad, especialmente).

Interacciones foliares entre las bases

Se comprobó claramente la relación inversa que existe, en tomate, entre los contenidos foliares de K y los contenidos de las otras bases, Ca y Mg (Figura 5). Como se informa en la literatura, el K guarda una interacción antagónica a nivel foliar con respecto al Ca y al Mg (Terman *et al.*, 1975; Usherwood, 1982; Ologunde y Sorensen, 1982; Dibb y Thompson, 1985; Omar y El Kobbia, 1966; Carvajal, 1985); el aumento en el K disponible del suelo ocasiona incrementos del K foliar, que inducen la disminución de la concentración y absorción de las otras bases.

Cuadro 3. Variación de las concentraciones y la suma de bases foliar en tomate en respuesta al aumento del K disponible en el suelo.

Suelo	Trat.	% foliar			Suma del contenido foliar de bases
		Ca	Mg	K	
Turrialba	0%	1,03	0,41	1,16	2,60
	80%	1,10	0,41	3,35	4,86
Siquirres	0%	1,20	0,37	1,30	2,87
	80%	0,74	0,23	3,75	4,72
Turrubares	0%	1,28	0,48	2,37	4,13
	80%	1,04	0,40	5,65	7,09
Coto Brus 1	0%	3,13	0,51	2,38	6,02
	80%	2,13	0,42	5,40	7,95
Coto Brus 2	0%	2,70	1,00	1,45	5,15
	80%	1,80	0,61	5,20	7,61
Nicoya	0%	1,80	0,58	1,40	3,78
	80%	1,70	0,33	2,75	4,78
Hojancha 1	0%	1,20	0,33	3,30	4,83
	80%	1,24	0,34	3,80	5,38
Hojancha 2	0%	1,39	0,36	2,50	4,25
	80%	1,15	0,28	3,52	4,95

Los tratamientos corresponden a la modificación porcentual del cociente Mg/K por adición de K. 0% = sin adición de K; 80% = máxima adición de K.

Este comportamiento de las bases en la planta fue similar en todos los suelos, excepto en el de Hojancha 1, el cual no presentó este tipo de interacción en forma significativa.

En la literatura se menciona que el efecto antagónico entre bases ocurre, principalmente, entre K y Mg (Ologunde y Sorensen, 1982; Dibb y Thompson, 1985). Igual que como ocurrió en este experimento, diferentes autores han encontrado que adiciones de K al suelo disminuyen dramáticamente el Mg foliar, a pesar de que su efecto en el peso seco no sea significativo.

Los resultados que se presentan en el Cuadro 3 muestran que la tendencia de los cambios en el Ca y en el Mg fue similar, lo que indica la acción antagónica del K sobre ambos. La sumatoria de Ca+Mg fue alterada negativamente por los aumentos en el K (Mortvedt y Khasawneh, 1986), sin embargo, a diferencia de lo señalado en la literatura (Ologunde y Sorensen, 1982), conforme aumentó el K disponible en los suelos en estudio, la suma total de bases a nivel foliar aumentó significativamente, de tal forma que no se puede señalar estrictamente que las disminuciones en el Ca y el Mg compensaron los aumentos en el K (Cuadro 3).

Se sugieren pruebas de campo que calibren, en forma precisa, la importancia de estas interacciones sobre el rendimiento de los cultivos de mayor importancia económica.

RESUMEN

Con el objetivo de verificar si la absorción de K y su concentración en la planta está influenciada principalmente por la cantidad relativa de K disponible en el suelo, se realizó una prueba de invernadero con 8 diferentes suelos de Costa Rica. En la misma se evaluó la interacción foliar que se presenta entre Ca, Mg y K.

Los suelos provenían de los cantones de Turrialba, Siquirres, Turrubares, Coto Brus, Nicoya y Hojancha. Se usaron recipientes de 400 ml y se aplicaron como tratamientos un testigo y 4 dosis de K, que modificaron en un 20, 40, 60 y 80% el valor absoluto del cociente Mg/K. Se usó tomate como planta indicadora; a los 50 días, se determinó el peso seco y la concentración de las bases.

Se encontró una correlación positiva y significativa entre los aumentos en el K disponible

en el suelo (extraído con Olsen Modificado) y la concentración foliar del elemento en plantas de tomate (0,74**), en los 8 suelos. Una menor correlación se encontró entre el K disponible y el K absorbido, debido a diferencias en el peso seco producido entre uno y otro suelo (0,26**). Valores mayores de 1,5 cmol(+)/kg de potasio no provocaron cambios visibles en la concentración del elemento en la planta. Mayores cantidades de K absorbido provocaron, para la mayoría de los suelos, disminuciones en el rendimiento.

En concordancia con la literatura, se encontraron interacciones significativas y antagonicas entre los elementos Ca, Mg y K a nivel foliar, en 7 de los suelos estudiados. Se sugieren pruebas de campo que determinen con mayor exactitud la importancia económica que puedan tener estas interacciones en la cosecha.

AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen al Potash and Phosphate Institute (PPI), a través de los Drs. A. Ludwick y J. Espinosa, el aporte económico que hizo posible la realización de este proyecto.

LITERATURA CITADA

- BARCELO, C.J. *et al.* 1983. Fisiología vegetal. 2 ed. Madrid, Pirámide. 813 p.
- BERTSCH, F. 1986. Manual para interpretar la fertilidad de los suelos de Costa Rica. San José, Oficina de Publicaciones, Universidad de Costa Rica. 76 p.
- CARVAJAL, J.F. 1985. Potassium nutrition of coffee. *In* Potassium in Agriculture. Ed. by R.D. Munson. Madison, Wis., American Society of Agronomy. p. 955-975.
- CLARKSON, D.T.; HANSON, J.B. 1980. The mineral nutrition of higher plants. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 31:239-298.
- COWIE, G.A. 1951. Potash; its production and place in crop nutrition. Londres, Edward Arnol & Co. 172 p.
- DIAZ-ROMEY, R.; HUNTER, A. 1978. Metodología de muestreo de suelos, análisis químico de suelos y tejido vegetal e investigación en invernadero. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 68 p.
- DIBB, D.W.; THOMPSON, W.R. 1985. Interaction of potassium with other nutrients. *In* Potassium in Agriculture. Ed. by R.D. Munson. Madison, Wis., American Society of Agronomy. p. 515-531.
- FASSBENDER, H.W. 1980. Química de suelos; con énfasis en suelos de América Latina. San José, IICA. 398 p.
- FOY, C.P.; BARBER, S.A. 1958. Magnesium deficiency and corn yield on two acid Indiana soils. *Soil Science Society of America Proceedings* 22:145-148.
- HENRIQUEZ, C.; BERTSCH, F.; CABALCETA, G. 1989. Respuesta a la variación de los cocientes catiónicos en ocho suelos cafetaleros de Costa Rica con problemas de K. *Agronomía Costarricense* 13(2):211-218.
- LEONARD, R.T. 1985. Absorption of potassium into root cells. *In* Potassium in Agriculture. Ed. by R.D. Munson. Madison, Wis., American Society of Agronomy. p. 327-337.
- McLEAN, E.O.; CARBONELL, M.O. 1972. Calcium, magnesium and potassium saturation ratios in two soils and their effects upon yield and nutrient contents of German millet and alfalfa. *Soil Science Society of America Proceedings* 36:927-930.
- MELSTED, S.W.; MOTTO, H.L.; PECH, T.R. 1969. Critical plant nutrient composition values useful in interpreting plant analysis data. *Agronomy Journal* 61:17-22.
- MORTVEDT, J.J.; KHASAWNEH, F.E. 1986. Effects of growth responses on cationic relationships in plants. *Soil Science* 141(3):200-207.
- OLOGUNDE, O.O.; SORENSEN, R.C. 1982. Influence of concentrations of K and Mg in nutrient solutions on sorghum. *Agronomy Journal* 74:41-46.
- OMAR, M.A.; EL KOBBA, T. 1966. Some observations on the inter-relationships of K and Mg. *Soil Science* 101:437-440.
- TERMAN, G.L.; ALLEN, S.E.; BRADFORD, B.N. 1975. Nutrient dilution-antagonism effects in corn and snap beans in relation to rate and source of applied potassium. *Soil Science Society of America Proceedings* 39:680-685.
- USHERWOOD, N. 1982. Interação do potássio com outros ions. *In* Potássio na Agricultura Brasileira. Ed. por T. Yamada *et al.* Brasil, Instituto Internacional da Potassa. p. 227-247.