

CARACTERIZACION DE SINTOMAS VISUALES DE DEFICIENCIAS NUTRICIONALES EN CARDAMOMO (*Elettaria cardamomum*)¹ /

Ronald Hernández*
Rolando Pacheco*

ABSTRACT

Characterization of nutrient deficiency symptoms in cardamom (*Elettaria cardamomum*). The visual deficiency symptoms of nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium, sulfur, iron, manganese, boron and zinc were studied under greenhouse conditions in cardamom plants using nutrient solution. The deficiency and adequate foliar concentration of these elements were determined and compared with the levels found in field conditions. The concentration of the nutrients in the leaves and stem throughout the plant was also studied. Most of the deficiency symptoms were similar to those described in the literature for other plants. For the preliminary adequate and deficient concentration in the leaves, respectively, the following values are suggested: N 4.0 and 2.0 dag kg⁻¹, P 0.60 and 0.10 dag kg⁻¹, K 4.30 and 0.95 dag kg⁻¹, Ca 0.40 and 0.25 dag kg⁻¹, Mg 0.25 and 0.15 dag kg⁻¹, S 0.30 and 0.15 dag kg⁻¹, B 40 and 10 mg kg⁻¹. The adequate levels for Cu, Fe and Zn are 12, 180 and 65 mg kg⁻¹, respectively. The deficient concentration for Mn is 15 mg kg⁻¹. The deficiency levels for Fe, Cu and Zn were not established. It was not possible to determine the adequate concentration of Mn due to the great ability of this plant to accumulate this nutrient. The concentrations found in the field were higher for N, P and K and slightly lower for Ca and Mg than the adequate level determined in the greenhouse. The concentration of K in the stem of field plants was greater (4.20 dag kg⁻¹) than the concentration found in leaves.

INTRODUCCION

El cardamomo (*Elettaria cardamomum* Maton) es una especie que produce en sus frutos un aceite altamente aromático el cual se utiliza en la producción de tinturas, licores, panadería, café y condimentos.

Fue introducido a Costa Rica en los años 40, y a partir de 1964 se cultiva con fines de exportación por su alto valor en el mercado internacional.

Aunque se cultiva en gran escala en la India y Guatemala, existe muy poca tecnología sobre su manejo y fertilización. Se tiene conocimiento que el cardamomo responde satisfactoriamente a aplicaciones de nitrógeno, potasio y manganeso pero que es susceptible a intoxicaciones con boro (González, 1977; Matamoros, 1980).

Como primer paso en el conocimiento de la nutrición mineral del cultivo y para contribuir al posterior diagnóstico del estado nutricional, es necesario conocer los síntomas visuales de deficiencias y la concentración foliar de los principales nutrientes.

El objetivo de este estudio fue obtener los síntomas visuales de deficiencia de los principales

1/ Recibido para publicación el 4 de marzo de 1986.

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

nutrimentos en el cardamomo mediante cultivo hidropónico y determinar los niveles deficientes y suficientes de dichos elementos en el tejido foliar.

MATERIALES Y METODOS

Se utilizaron plantas de cardamomo var. Malabar de 6 meses de edad (30 cm de altura) y un diseño irrestricto al azar con 11 tratamientos y tres repeticiones cada una con tres plantas.

Las plantas crecieron en recipientes plásticos de ocho litros de capacidad durante 10 días en una solución de nitrato de calcio ($0,005 \text{ mol L}^{-1}$) para su adaptación y enraizamiento. Los tratamientos consistieron en la aplicación de todos los nutrientes menos uno (elemento faltante) usando como base la solución nutritiva de Hoagland y Arnon No. 2 (Hoagland y Arnon, 1950).

El patrón de comparación (testigo) fue el tratamiento donde se aplicó la solución nutritiva completa.

En todos los tratamientos las soluciones se cambiaron cada mes. Las plantas se protegieron de alta luminosidad con malla negra (Zaran) al 40% de sombra. Cuando los síntomas visuales de deficiencia de los tratamientos fueron evidentes, se muestrearon las tres primeras hojas fisiológicamente maduras y se procedió al análisis foliar siguiendo los métodos de rutina del Centro de Investigaciones Agronómicas (Briceño y Pacheco, 1985). También se muestrearon plantas enteras en una explotación comercial con el fin de comparar estos valores con los obtenidos en el invernadero y determinar la distribución de los nutrimentos estudiados en la planta.

RESULTADOS Y DISCUSION

Síntomas visuales de deficiencia

Las deficiencias de nitrógeno, potasio, calcio y magnesio fueron las primeras en manifestarse, aproximadamente un mes después de iniciado el tratamiento, mientras que la deficiencia de fósforo apareció cinco meses después y los síntomas de deficiencia por micronutrimentos aparecieron 9 ó 10 meses más tarde.

Los nutrimentos nitrógeno, potasio, magnesio y azufre se comportaron como móviles, el calcio, boro, zinc y manganeso fueron inmóviles y los síntomas de deficiencia aparecieron en los órganos nuevos de la planta.

Nitrógeno

La deficiencia de nitrógeno se manifiesta primero en las hojas inferiores como una clorosis generalizada pero leve, que evoluciona del margen hacia adentro hasta alcanzar un tono amarillo-anaranjado brillante. A la vez, la planta va perdiendo su tono verde en los entrenudos y hojas superiores, donde todavía no se observa el borde clorótico. Las áreas cloróticas llegan a secarse y en estado avanzado de deficiencia toman una consistencia papelosa (Figura 1).

Fósforo

Los síntomas de deficiencia de fósforo en cardamomo no son tan característicos como en otras plantas. Se manifiestan como una clorosis difusa de tono opaco en las hojas más viejas. La venación conserva el color verde oscuro. No se observa clorosis generalizada leve al principio en las hojas inferiores ni en el resto de la planta y tampoco se evidencia acúmulo antociánico en tallos y hojas como ocurre con la deficiencia de este elemento en algunas plantas. El retraso en el crecimiento, sí es una característica de la deficiencia de fósforo al principio, pero sin ningún síntoma visual (Figura 2).

Potasio

Al igual que en otras plantas el primer síntoma visual de deficiencia de potasio es la aparición de una clorosis marginal en las hojas inferiores, acompañada de manchas blancas, las cuales, con el tiempo, se transforman en puntos de tejido seco de borde y tamaño irregular, hundidos en la cutícula. En estado avanzado, la clorosis alcanza el centro de la hoja hasta cubrir toda la lámina foliar. Cuando esto llega a ocurrir, la mayoría de las otras hojas presentan ya los primeros síntomas descritos (Figura 3).

Calcio

La deficiencia de calcio en cardamomo se manifiesta en las hojas más nuevas y además del síntoma típico de malformación que causa la ausencia de este nutrimento, se observan puntos blancos (áreas sin clorofila) distribuidas en toda la lámina foliar. Las hojas presentan bordes sinuosos y consistencia quebradiza. Después de aparecer los primeros síntomas en las hojas nuevas se observa

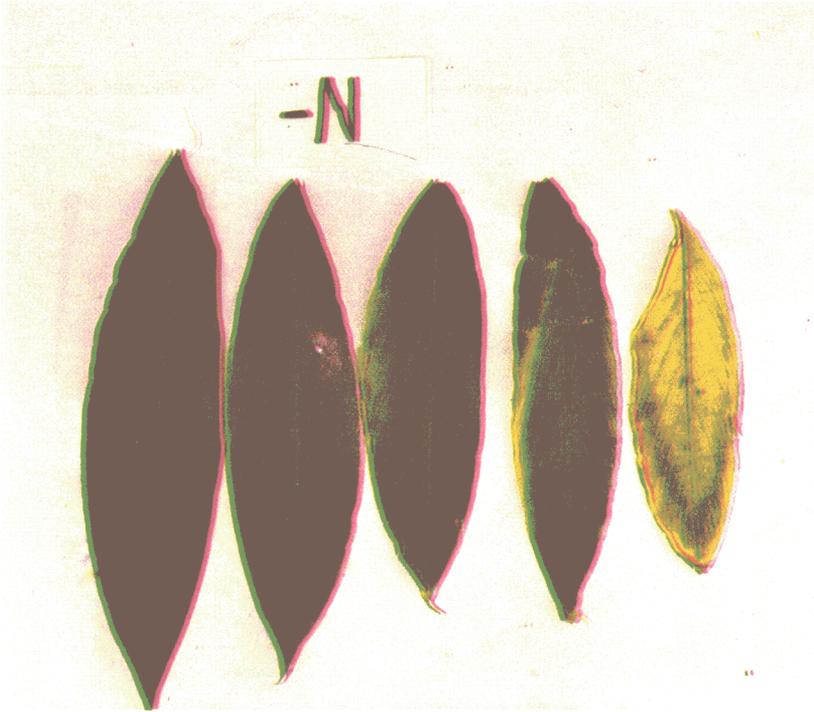


Fig. 1. Deficiencia de nitrógeno.

que tanto los pecíolos como la venación principal son de color blanco. Esta característica no se ha descrito como síntoma de deficiencia en otras plantas (Figura 4).

Magnesio

Los síntomas de deficiencia de magnesio aparecen en las hojas inferiores en donde se observa una clorosis en forma de franja alrededor de la hoja con un margen de color normal de aproximadamente 1 cm de ancho. Esta franja clorótica se extiende primero hacia el margen de la hoja confundiendo posteriormente con una deficiencia de potasio. Tanto las venas primarias como las secundarias mantienen su color verde oscuro y la clorosis toma un tono amarillo-anaranjado parecido al inducido por deficiencia de nitrógeno (Figura 5).

Azufre

La deficiencia de azufre se manifiesta como una clorosis en las hojas adultas, la cual se inicia en el borde distal y avanza hacia la base y vena central de la hoja en forma de 'V' invertida. Cuando dicha

clorosis cubre la totalidad de la lámina foliar se asemeja a la deficiencia de nitrógeno (Figura 6).

Boro

La deficiencia de boro en cardamomo induce los característicos síntomas visuales descritos para otras plantas (Bradford, 1966; Epstein, 1972; Mengel y Kirkby, 1979). En este caso además del crecimiento deforme y retorcido de las hojas más jóvenes de la planta, se observan en la lámina áreas pequeñas carentes de clorofila que luego se extienden en la región intervenal como manchas blancas sin observarse ningún tipo de clorosis. Cuando la deficiencia persiste hay muerte del meristemo (Figura 7).

Zinc

La deficiencia de zinc provoca en las hojas más nuevas crecimiento lanceolado muy pronunciado y tamaño reducido. Luego se observan líneas cloróticas intervenales (Figura 8).

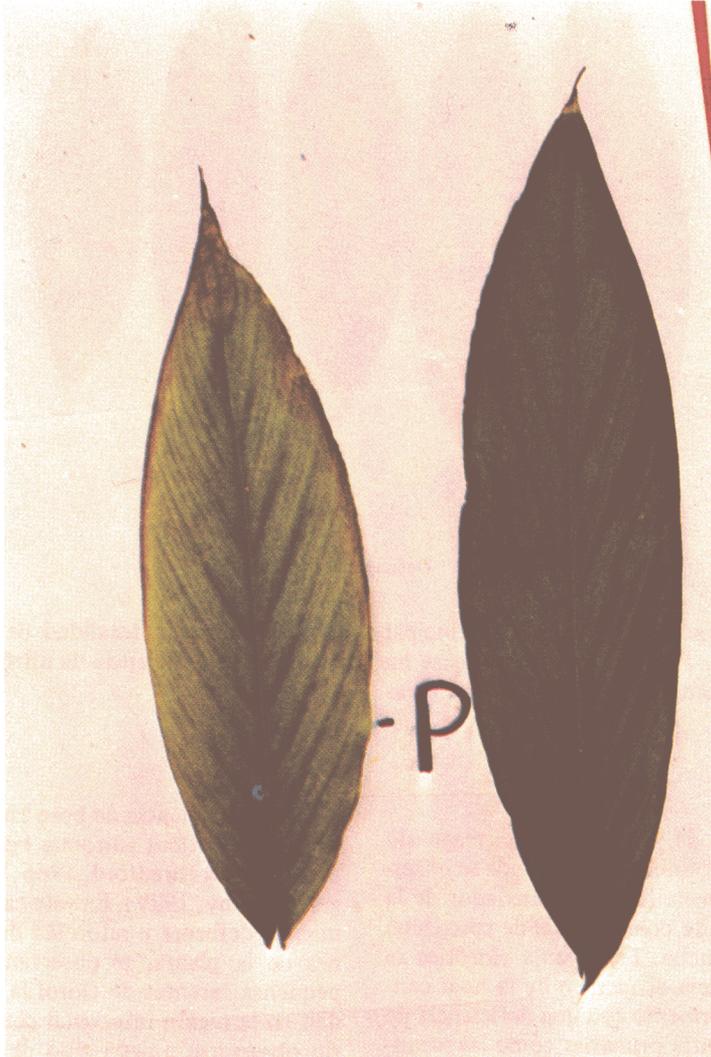


Fig. 2. Deficiencia de fósforo.



Fig. 3. Deficiencia de potasio.

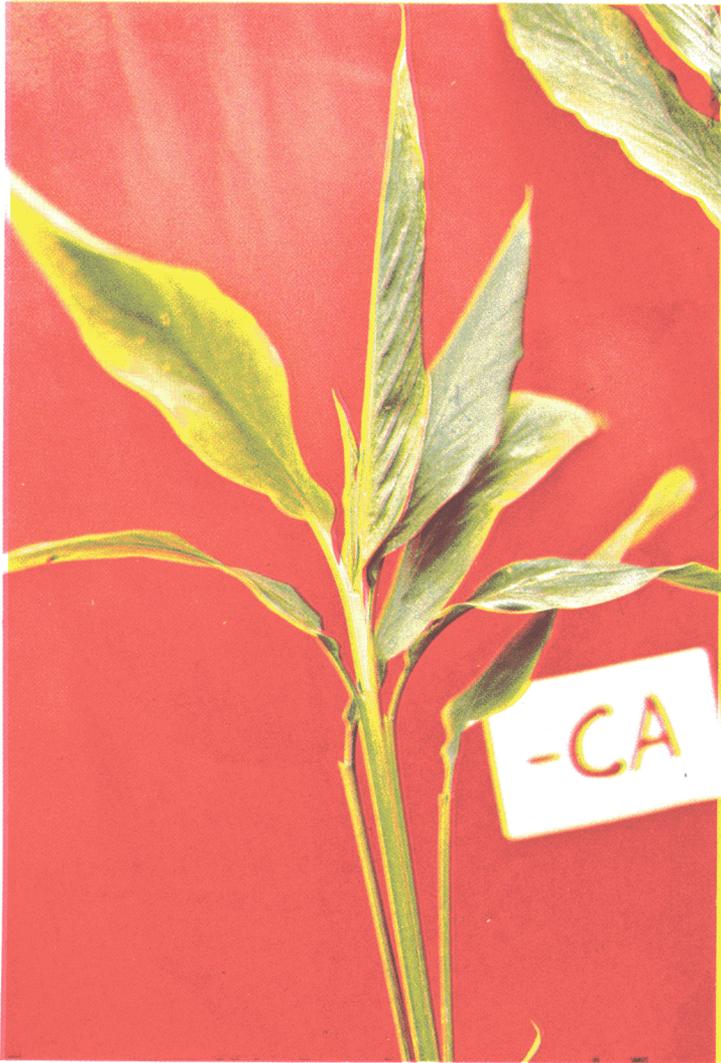


Fig. 4. Deficiencia de calcio.

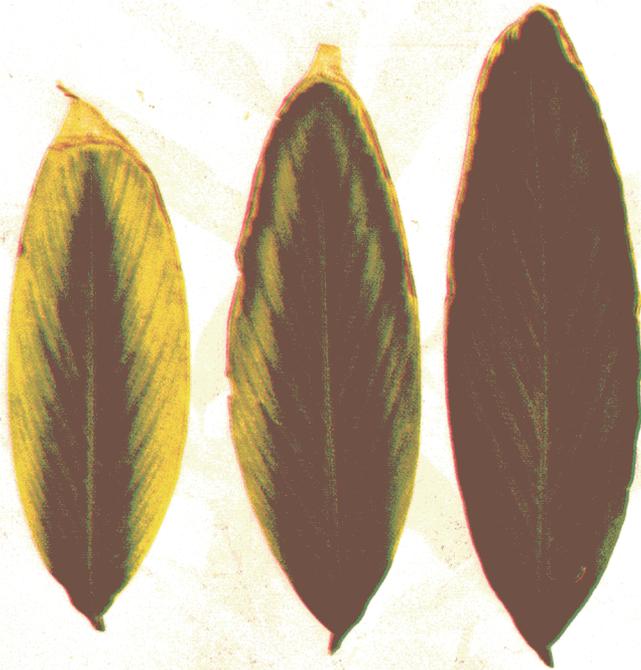


Fig. 5. Deficiencia de magnesio.



Fig. 6. Deficiencia de azufre.



Fig. 7. Deficiencia incipiente de boro.

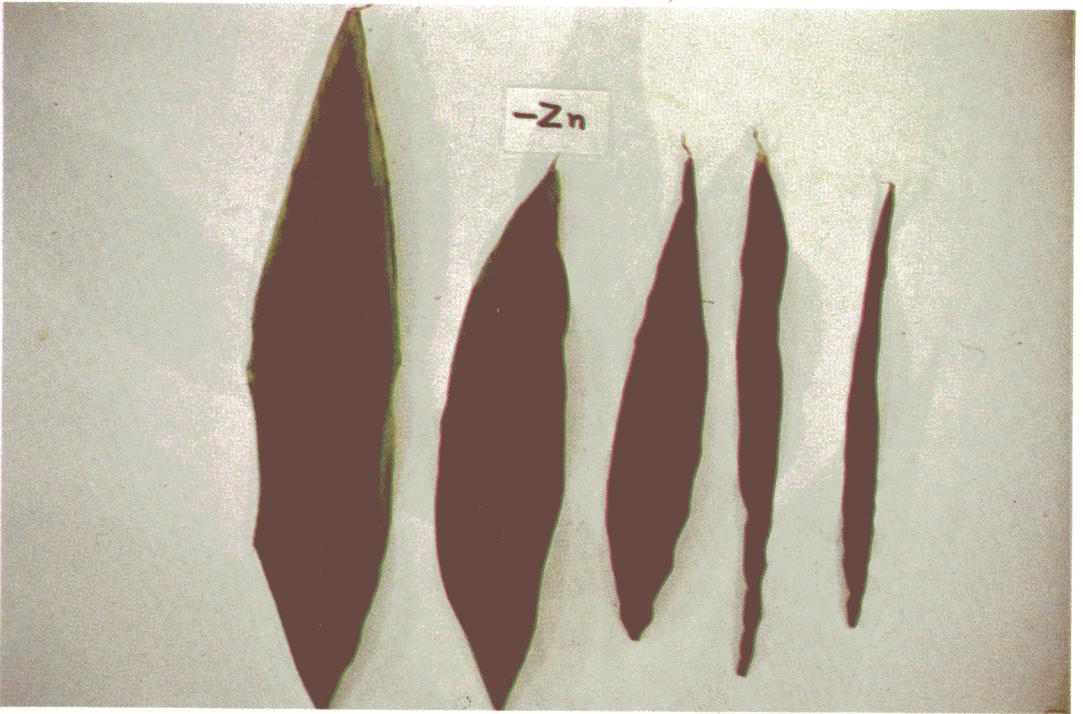


Fig. 8. Deficiencia de zinc.

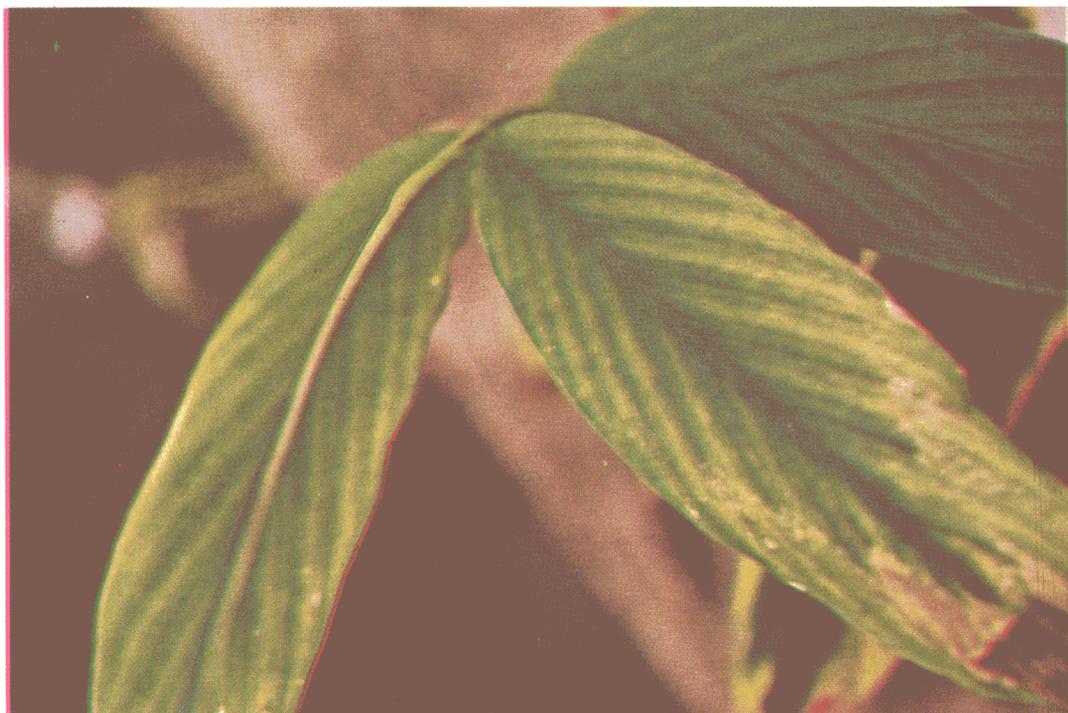


Fig. 9. Deficiencia avanzada de manganeso.

Manganeso

Esta deficiencia se localiza en las hojas nuevas de la planta. Se observan áreas cloróticas intervenales que avanzan desde el extremo distal al basal. La clorosis posteriormente adquiere un tono café y en estado avanzado de deficiencia dichas áreas se llegan a secar aunque la venación principal permanece verde (Figura 9).

Niveles de suficiencia y deficiencia en cardamomo

Los niveles tentativos de deficiencia y suficiencia, así como la concentración foliar encontrada en plantas de campo se presentan en el Cuadro 1. En general para la mayoría de los nutrimentos estudiados, los niveles determinados concuerdan con los encontrados en una amplia gama de plantas (Chapman, 1966; Davidescu y Davidescu, 1982; Martin-Prevel, 1981). El manganeso se encuentra en cantidades sumamente altas sin que la planta muestre síntomas de toxicidad; se destacan los tratamientos menos zinc y menos hierro en los cuales

se encuentra 5200 y 3900 mg kg⁻¹ de manganeso, respectivamente. De lo anterior se deduce que el cardamomo es altamente tolerante a excesos del citado elemento. El muestreo de campo revela un contenido de 58 mg kg⁻¹ de manganeso sin mostrar síntomas de deficiencia, por lo tanto el nivel de suficiencia debe ser similar.

En el largo tiempo (1 año) que se mantuvo el tratamiento menos cobre en el invernadero no fue posible observar síntomas de deficiencia alguna. El tratamiento menos hierro mostró síntomas típicos de deficiencia del elemento solamente en una repetición, (Figura 10) en tanto que el tratamiento menos zinc experimentó en buena forma los síntomas de deficiencia, pero estos se corrigieron posteriormente y los niveles foliares encontrados fueron similares a los del testigo. Posiblemente las pequeñas cantidades de cobre, hierro y eventualmente zinc que contiene el agua destilada y los productos usados para la preparación de la solución fueron suficientes para llenar los requerimientos de la planta y no experimentar la deficiencia.

Cuadro 1. Niveles tentativos de suficiencia y deficiencia de los principales nutrimentos en plantas de cardamomo en invernadero.

Nutrimento	Invernadero		Nivel en plantación comercial*
	Nivel deficiente	Nivel suficiente	
N dag kg ⁻¹	2,00	4,00	3,10
P dag kg ⁻¹	0,10	0,60	0,22
K dag kg ⁻¹	0,95	4,30	2,90
Ca dag kg ⁻¹	0,25	0,40	0,45
Mg dag kg ⁻¹	0,15	0,25	0,34
S dag kg ⁻¹	0,15	0,30	0,23
B mg kg ⁻¹	10	40	13
Cu mg kg ⁻¹	—	12	11
Zn mg kg ⁻¹	—	65	72
Fe mg kg ⁻¹	—	180	165
Mn mg kg ⁻¹	15	—	58

* Corresponde al muestreo realizado en La Hacienda Ojo de Agua, Alajuela.

Por tanto, es probable que el cardamomo bajo condiciones de campo tenga bajos requerimientos de los citados micronutrimentos.

En cuanto a los demás nutrimentos, se observó que los niveles de suficiencia para N, P y K encontrados en el invernadero, son más altos que los encontrados en una plantación en aparente buen estado de nutrición. También se observa que la concentración foliar de calcio y magnesio es relativamente más alta en plantas de campo, que la obtenida en el invernadero.

Distribución de nutrimentos en la planta

La concentración de nutrimentos en las hojas de plantas muestreadas en el campo (Cuadro 2) resulta bastante uniforme. Las hojas más jóvenes acumulan cantidades similares de la mayoría de los nutrimentos respecto a las demás hojas excepto para calcio y magnesio en donde se encuentra menor concentración en las hojas nuevas. Por lo tanto, parece factible el utilizar las tres hojas más jóvenes, fisiológicamente maduras como parte a escoger para el análisis foliar. Los datos de suficiencia y deficiencia de los nutrimentos estudiados que se presentan corresponden a las citadas hojas.

La concentración de los nutrimentos en estudio registrados en los entrenudos (Cuadro 2) es por lo general inferior a la encontrada en las hojas. A diferencia de los demás nutrimentos, el potasio se encuentra en concentraciones aún mayores que en las hojas; esto es normal debido al papel que este elemento juega en la fisiología de la planta; así, el suculento tallo característico del cardamomo contiene cantidades importantes del citado elemento.

La distribución de la mayoría de los nutrimentos a lo largo del tallo es relativamente uniforme, solamente el zinc, hierro y cobre tienen un patrón de distribución bastante errático.

RESUMEN

Se estudió bajo condiciones de invernadero en solución nutritiva los síntomas visuales de deficiencia de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre, hierro, zinc, boro y manganeso, en plantas de cardamomo (*Eleattaria cardamomum*) var. Malabar de seis meses de edad. Se determinaron los niveles foliares de suficiencia y deficiencia de dichos elementos y se compararon con niveles encontrados en una plantación comercial. También se estudió la concentración de estos nutrimentos en las hojas y entrenudos en plantas de campo.



Fig. 10. Deficiencia de hierro aparecida tardíamente.

Cuadro 2. Concentración de nutrimentos en hojas y entrenudos de plantas de cardamomo muestreadas en el campo. Los datos son el promedio de tres repeticiones.

Sección	dag kg ⁻¹						mg kg ⁻¹				
	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	B	Zn	Mn	Cu
Hoja 1*	2,85	0,25	3,10	0,30	0,25	0,25	80	19	58	37	13
Hoja 2	3,05	0,25	2,90	0,35	0,30	0,25	118	11	64	50	13
Hoja 3	3,05	0,25	2,90	0,50	0,35	0,20	296	14	79	63	13
Hoja 4	3,15	0,15	2,90	0,50	0,35	0,25	82	14	71	61	8
Hoja 5	3,00	0,20	2,90	0,65	0,35	0,30	90	17	77	60	8
Hoja 6	2,90	0,15	3,10	0,60	0,35	0,30	116	15	70	54	21
Hoja 7	3,05	0,10	3,05	0,55	0,40	0,25	366	14	84	14	8
Hoja 8	2,75	0,15	2,90	0,55	0,45	0,20	108	17	79	52	8
Hoja 9	2,70	0,15	2,90	0,60	0,35	0,30	126	13	89	51	4
E-1**	1,90	0,20	4,70	0,15	0,15	0,30	85	15	36	23	4
E-2	1,80	0,15	4,40	0,20	0,25	0,25	80	15	52	23	8
E-3	1,55	0,15	4,10	0,20	0,25	0,20	95	10	149	25	8
E-4	1,35	0,10	4,15	0,20	0,25	0,20	30	11	34	25	8
E-5	1,10	0,10	3,90	0,20	0,20	0,20	70	13	48	23	4
E-6	1,05	0,15	4,00	0,20	0,20	0,20	270	8	73	27	6
E-7	1,05	0,10	4,15	0,20	0,15	0,20	35	12	39	18	4
E-8	1,15	0,10	4,25	0,20	0,15	0,20	85	11	35	16	13
E-9	1,05	0,10	3,90	0,20	0,15	0,20	120	12	21	17	8

* Hoja 1 corresponde a la hoja más nueva.

** E = Entrenudo.

Se encontró que los síntomas de deficiencia de los elementos en mención son bastante similares, en su mayoría, a los descritos para otras plantas.

Los niveles tentativos de suficiencia y deficiencia respectivamente son para N 4,0 y 2,0 dag kg⁻¹, P 0,60 y 0,10 dag kg⁻¹, K 4,30 y 0,95 dag kg⁻¹, Ca 0,40 y 0,25 dag kg⁻¹, Mg 0,25 y 0,15 dag kg⁻¹, S 0,30 y 0,15 dag kg⁻¹, B 40 y 10 mg kg⁻¹. Los niveles de suficiencia para Cu, Fe y Zn son 12, 180 y 65 mg kg⁻¹, respectivamente. Para manganeso el nivel de deficiencia se establece en 15 mg kg⁻¹.

No se establecieron niveles de deficiencia para Fe, Cu y Zn. Ni se establece nivel suficiente de Mn, debido a la gran capacidad de acumulación del elemento que presentó la planta.

Los valores observados en plantas de campo son mayores para N, P y K y relativamente menores para Ca y Mg que los niveles de suficiencia registrados en el estudio de invernadero. Se encontró además que el cardamomo tiene concentraciones bastante altas de K en los entrenudos.

LITERATURA CITADA

- BRADFORD, G. 1966. Boron. In Diagnostic criteria for plants and soils. Ed. by H. D. Chapman. Riverside, California, Citrus Research Center and Agricultural Experiment Station. p. 33-61.
- BRICEÑO, J.; PACHECO, R., (eds). 1984. Métodos analíticos para el estudio de suelos y plantas. San José, Editorial Universidad de Costa Rica. 137 p.
- CHAPMAN, H. D., (ed). 1966. Diagnostic criteria for plants and soils. Riverside, California, Citrus Research Center and Agricultural Experimental Station. p. 65-92, 157-179, 225-263, 264-285, 324-361, 362-393, 484-499.
- DAVIDESCU, D.; DAVIDESCU, V. 1982. Evaluation of fertility for analysis of plants and soils. England, Abacus. p. 139-169.
- EPSTEIN, E. 1972. Mineral nutrition of plants; principles and perspectives. New York, Wiley. 412 p.
- GONZALEZ, B.E. 1977. Cultivo de cardamomo. Guatemala, Ministerio de Agricultura. p. 10.
- HOAGLAND, D.R.; ARNON, D.I. 1950. The water-culture method for growing plants without soil. University of California. Agricultural Experimental Station. Circular no. 347. 32 p.
- MARTIN-PREVEL, P. 1981. Papel que desempeñan los minerales en los vegetales. Revista de la Potasa no. 1: 1-9.
- MATAMOROS, G. 1980. El cultivo de cardamomo. Costa Rica. Boletín Técnico del MAG no. 14.p. 4.
- MENGEL, K.; KIRKBY, A. E. 1979. Principles of plant nutrition. 2 ed. Bern, International Potash Institute. 593 p.