

NOTA TECNICA

ABSORCION FOLIAR DE FERTILIZANTES EN HELECHO HOJA DE CUERO (*Rumohra adiantiformis*)¹

Carmen M. González*, Floria Ramírez**, Floria Bertsch²/**

RESUMEN

Se realizó un experimento con el fin de determinar si existe absorción foliar de Ca, Mg, K, P, B, Fe, Mn y Zn, aplicados como fertilizantes foliares a frondas de helecho hoja de cuero (*Rumohra adiantiformis*), en 3 estados de desarrollo de la planta (cele, sazona y madura). La prueba se llevó a cabo en una finca comercial de helecho en Alajuela, Costa Rica. Los fertilizantes fueron aplicados con bomba de espalda, en mezcla con un adherente-penetrante, en las dosis comerciales recomendadas. Los elementos se aplicaron individualmente (solo el B y P se aplicaron juntos) a parcelas de 90 m²; se dejó un área de igual tamaño sin aplicar como testigo. Se realizaron 3 aplicaciones de cada elemento sobre la misma parcela durante 3 semanas consecutivas, una vez por semana. Se tomaron muestras foliares de los 3 estados de fronda luego de 48 h de realizada cada aplicación, y fueron enviadas al laboratorio para que se analizará su contenido foliar; 3 semanas después de la última aplicación se evaluó la producción de cada parcela. Los resultados se analizaron en términos de incremento de concentración foliar de cada elemento con respecto al testigo. La aplicación foliar de elementos mayores no incrementó el contenido foliar de los mismos en ninguna edad de fronda, pero sí repercutió en una mejoría cuantitativa de la producción. Los elementos menores subieron los niveles foliares en forma importante aunque su repercusión en producción no fue tan evidente; solamente en el caso del Fe se observó que afectó negativamente la calidad al aumentar la producción de soros.

ABSTRACT

Foliar absorption of fertilizers in leather leaf fern (*Rumohra adiantiformis*). A trial was carried out in order to determine if foliar absorption of Ca, Mg, K, P, Fe, Mn, Zn, and B occurs after spraying fronds of Leatherleaf fern (*Rumohra adiantiformis*) in three different growth stages (new, unripe, and ripe) with foliar fertilizers. The trial was run in a commercial fern-producing farm located at Alajuela, Costa Rica. The fertilizers were applied by manual spraying, mixed with surfactant, at recommended commercial doses. Each element was sprayed individually (except B and P, which were applied together) in areas of 90 m²; a similar area was left unsprayed and considered as control. Three applications of each element were done, once a week, on the same area during three consecutive weeks. Samples of leaves in the three frond stages were picked 48 h after spraying, and were sent to a laboratory in order to analyze their nutritional contents. Three weeks after the last spray the production of each area was evaluated. The absorption results were analyzed considering the increase in foliar concentration of each element with respect to the control for each specific date. The application of macronutrients did not increase their foliar levels in any stage of leaf development, but resulted in increasing yields. Micronutrients noticeably increased foliar levels, but their effect in the final yield was not so evident except in the case of Fe, whose application affected quality in a negative way due to increase in spore production.

1/ Recibido para publicación el 21 de agosto de 1998.
2/ Autora para correspondencia.
* INDAGRO, S.A. Heredia, Costa Rica

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

INTRODUCCION

El helecho hoja de cuero (*Rumohra adiantiformis*) se ha convertido en uno de los cultivos no tradicionales de mayor importancia dentro del grupo de las plantas ornamentales, pues produce fuertes ingresos al sector agrícola nacional. En 1995 la exportación de helecho hoja de cuero generó \$60 millones (Berrocal 1996).

Por ser una planta vascular inferior (Pteridofita), el helecho es una planta muy particular y diferente a la mayoría de los cultivos agrícolas, de ahí que la investigación en cualquier área de su producción se ha vuelto indispensable para mejorar su manejo. De crecimiento perenne, sus hojas o frondas son subcoriáceas e hipostomáticas y se originan de la parte apical del rizoma o tallo subterráneo, el cual funciona como una estructura de almacenamiento (Monge 1992).

La fertilización foliar es una práctica complementaria a la del suelo que, con diferentes propósitos, se ha practicado en numerosos cultivos. Se usa con el fin de corregir rápidamente las deficiencias nutricionales (Marschner 1990), incrementar el rendimiento de las cosechas (Boaretto y Rosolem 1989, Segura 1992), sobrellevar períodos de estrés (Swietlik et al. 1982), mejorar la calidad de los productos (Altman 1983), prevenir el ataque de enfermedades (Graham y Webb 1991, Reuveni et al. 1994), provocar algún efecto estimulante en la fisiología de la planta (Lovatt et al. 1992, Rabe 1994) y hasta se señala como alternativa complementaria para disminuir la contaminación de suelos y aguas (Kannan 1986). A pesar de los posibles beneficios que podrían derivarse de esta práctica, la efectividad de la misma es poco contundente y generalizada por lo que, previo a su establecimiento como práctica de relevancia en un cultivo, es necesario demostrar su viabilidad técnica y económica.

La absorción de nutrimentos por las hojas es un proceso que es afectado por aspectos intrínsecos de la planta (morfología de la hoja, estado fenológico y condición de la planta) y extrínsecos (condiciones ambientales, tipo de nutrimento, movilidad del mismo, y condiciones de aplicación) (Kannan 1986ab, Marschner 1990).

En el caso del helecho hoja de cuero existen algunas características que hacen considerar a la fertilización foliar como una opción. Las condiciones de los sustratos y suelos sobre los que se siembra este helecho favorecen grandes pérdidas de fertilizante por fijación y lixiviación (Conejo 1996); la cosecha intensiva implica una alta extracción de elementos nutricionales (Ramírez 1997); y el área foliar expuesta es permanentemente abundante. Sin embargo, y por las características de las hojas del helecho ya mencionadas (cutícula dura, hoja hipostomática), en general los productores consideran que no se produce absorción foliar de fertilizantes en este cultivo, y la literatura no reporta evidencia alguna de este fenómeno en helecho hoja de cuero. Por esta razón, se decidió realizar el presente estudio, con el fin de determinar, mediante la medición del incremento en la concentración del elemento, si existe absorción foliar de algunos elementos aplicados como fertilizantes foliares en frondas celes, zonas y maduras de helecho, y/o si estas aplicaciones tienen otros efectos en el desarrollo y calidad de la fronda.

MATERIALES Y METODOS

Condiciones experimentales

La prueba fue realizada en la finca Follajes de Sarchí, en Valverde Vega, Alajuela, Costa Rica, ubicada a 1250 msnm.

Tratamientos

Los tratamientos consistieron en la aplicación foliar de los productos mencionados en el Cuadro 1 en un área de 90 m² (de follaje expuesto: 8 eras de 7.5x1.5 m). En medio del lote experimental se dejó un área de igual tamaño sin aplicar, la cual fue considerada como el testigo.

Procedimiento

Los productos se aplicaron a las dosis especificadas en el Cuadro 1 (dosis comerciales)

Cuadro 1. Tratamientos y productos fertilizantes aplicados en cada una de las parcelas de la prueba.

Tratamientos	Productos foliares a evaluar	Composición	Dosis (L/ha)	Dosis en parcela (ml/90 m ²)
1	Boro Orgánico	10% B ₂ O ₃ , 11% P ₂ O ₅	1	9
2	Quelatozin Plus	11% Zn, 5,4% S	2	18
3	Quelato de Hierro	7,1% Fe, 4,2% S	2	18
4	Quelato de Manganeso	5% Mn, 4% S	2	18
5	Calynit	10% Ca, 7,2% N	3	27
6	Quelato de Magnesio	6,5% MgO, 5,2% S	2	18
7	Mascafé	10% K ₂ O, 4,1% MgO, 3,25% S, 3,0% N	3	27
8	Testigo			

con bomba de espalda manual; se utilizó el volumen de una bomba (18 L de agua) por tratamiento. Cada producto fue aplicado en mezcla con un adherente-penetrante (Indagro H; Alquil Aril Sulfonato al 35%) aplicado a una dosis de 1 ml/L de agua.

Luego de 48 h de la aplicación de los productos, se tomaron muestras foliares compuestas de 10 frondas de cada una de las parcelas y de la parcela testigo, y en cada uno de los siguientes 3 estados de desarrollo (Ramírez 1997):

- *Fronda cele:* Recién abierta en su totalidad, de un color verde muy claro y brillante.
- *Fronda sazona:* Fronda a la que le falta poco para llegar a grado de cosecha. Su color verde es ligeramente más claro que aquellas frondas de cosecha, y su textura no ha endurecido totalmente.
- *Fronda madura:* Fronda en punto de cosecha, color verde oscuro y textura coriácea.

Las muestras fueron analizadas en el laboratorio del Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica. De acuerdo al tratamiento aplicado, se analizaron diferentes elementos en cada muestra: en el tratamiento 1 se analizaron B y P; en el 2, Zn; en el 3, Fe; en el 4, Mn; en el 5, Ca; en el 6, Mg; en el 7, K; y todos los anteriores en el testigo.

La aplicación se repitió 3 veces con el mismo procedimiento durante 3 semanas consecutivas sobre las mismas parcelas.

Tres semanas después de la última aplicación se procedió a realizar un estimado global de la cosecha de cada una de las parcelas, determinando el número de rollos de campo y número de rollos útiles de cada tamaño, el porcentaje de fronda con espora, el peso útil, y el peso de desecho en 45 m² de cada tratamiento.

Análisis

El análisis de los resultados se basó en cuantificar el porcentaje de incremento de los niveles foliares de cada elemento en la parcela aplicada con respecto al testigo, para cada una de las evaluaciones. Incrementos mayores del 10% en el caso del P, 15% en Ca, Mg, K, Fe, y Zn, así como del 20% en Mn y B se consideraron como significativos. Los incrementos estimados se eligieron de manera que superaran el coeficiente de variación obtenido de las 3 observaciones de la parcela testigo.

RESULTADOS Y DISCUSION

La utilización de 3 aplicaciones espaciadas en el tiempo sobre una misma parcela en lugar de utilizar varias repeticiones permitió ver efectos acumulativos en el tiempo producto de las aplicaciones consecutivas (Cuadro 2). Más que establecer una comparación de las medias del testigo contra las medias de los tratamientos, en esta prueba se decidió basar la interpretación

Cuadro 2. Análisis foliares de frondas celes, sazonas y maduras de helecho para las 3 fechas de evaluación en las parcelas aplicadas y en la parcela testigo.

Tratamiento	Momento de Aplicación (días)	Calynit	Quelato de Mg	Mascafé	Boro orgánico		Quelato de Fe	Quelato zin Plus	Quelato de Mn
		Ca	Mg	K	P	B	Fe	Zn	Mn
Hojas celes									
Aplicada	7	0.18	0.34	3.3	0.50	23	107	32	22
	14	0.11	0.26	3.7	0.40	21	132	74	61
	21	0.15	0.31	4.0	0.39	12	134	80	40
Testigo	7	0.34	0.36	2.9	0.36	18	92	49	25
	14	0.08	0.25	3.2	0.36	15	87	37	25
	21	0.13	0.26	3.7	0.34	12	105	37	16
Hojas sazonas									
Aplicada	7	0.28	0.31	2.26	0.37	18	102	81	57
	14	0.16	0.24	2.68	0.28	18	80	53	47
	21	0.35	0.28	2.00	0.11	16	134	66	48
Testigo	7	0.50	0.33	2.05	0.23	21	94	39	42
	14	0.26	0.25	2.45	0.29	13	66	31	24
	21	0.39	0.26	2.21	0.23	16	89	33	35
Hojas maduras									
Aplicada	7	0.35	0.31	1.70	0.32	15	139	156	29
	14	0.36	0.26	2.16	0.23	15	93	37	43
	21	0.21	0.23	3.31	0.33	12	269	68	37
Testigo	7	0.36	0.30	2.14	0.24	20	106	42	28
	14	0.43	0.27	2.12	0.24	16	86	37	25
	21	0.18	0.26	2.93	0.29	12	82	36	17

de los resultados en los porcentajes de incremento de la parcela aplicada con respecto al testigo correspondiente en cada fecha, para las 3 edades (Cuadro 3). Para futuros experimentos debería considerarse la posibilidad de hacer más repeticiones en el mismo momento para cada tratamiento, aunque encarezca el experimento.

En el Cuadro 2 se presentan las concentraciones de cada elemento, en las 3 fechas, cuando se aplicó y no se aplicó (testigo) el nutrimento. En el Cuadro 3 estos valores fueron transformados a términos porcentuales de incremento en relación con la concentración expresada por el tes-

tigo, para cada fecha. Cuando la concentración del testigo fue mayor o igual a la concentración en la condición aplicada, el incremento se consideró como cero.

La comparación del testigo y el tratamiento con Ca para las 3 edades mostró valores muy diferentes entre sí (Cuadro 2, Figura 1) y coeficientes de variación muy altos, especialmente en los testigos, lo cual no permite una adecuada interpretación de los resultados. La gran variación observada en el caso del Ca puede deberse a que este elemento se va acumulando progresivamente conforme la edad de la fronda avanza (Figura 1), por lo

Cuadro 3. Porcentaje de incremento de la parcela aplicada con respecto a la parcela testigo para frondas celes, sazonas y maduras en cada una de las evaluaciones*

Momento de aplicación	Ca	Mg	K	P	B	Fe	Zn	Mn
Hojas celes								
1	0	0	14	39	24	16	0	0
7	38	4	16	11	40	52	100	144
14	15	19	8	15	0	28	116	150
Hojas sazonas								
1	0	0	10	61	0	8	108	36
7	0	0	9	0	38	21	71	96
14	0	8	0	0	0	51	100	37
Hojas maduras								
1	0	3	0	33	0	31	271	4
7	0	0	2	0	0	8	0	72
14	17	0	13	14	0	228	89	118

* El porcentaje de incremento se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{Nivel foliar de parcela aplicada} - \text{Nivel foliar de parcela testigo}}{\text{Nivel foliar de parcela testigo}} \times 100$$

Cuando el porcentaje es menor a cero, el valor se redondea a cero, debido a que no puede haber absorción negativa; esos valores negativos son debidos al error experimental.

que el muestreo debe ser muy preciso y contemplar frondas de exactamente la misma edad. Debido a esta variación no es posible sacar conclusión alguna sobre la absorción del Ca aplicado foliarmente en helecho, a partir de estos datos.

En el caso del Mg (Cuadro 3), sólo en una fecha en frondas celes hubo un incremento mayor al 15% en absorción, lo que parece indicar poca influencia de las aplicaciones foliares de Mg sobre los niveles de concentración en frondas de helecho (Figura 1). Sin embargo, llama la atención la mayor producción de rollos de campo y número de frondas (Cuadro 4) obtenidas con respecto a los otros tratamientos.

La aplicación de K tampoco elevó los niveles foliares en forma importante, excepto en la aplicación en las frondas celes, lo que se confirma en el análisis estadístico (prueba de Dunnett al 5%). Sin embargo, la producción de este tratamiento (Cuadro 4) también fue una de las mayores, superada solo por el Mg.

En busca de explicar este comportamiento se efectuaron algunos cálculos que resultan de gran relevancia para la interpretación de los aumentos en concentraciones foliares producto de aplicaciones al follaje. El Cuadro 5 expresa en una forma aproximada el incremento teórico en concentración de cada nutrimento que podría producirse en las frondas de helecho luego de una aplicación de fertilización foliar con dosis comunes. Para dicha estimación se consideró que la aplicación se efectuaría con un 75% de eficiencia y llegaría al menos a un 50% del posible follaje de helecho presente en un momento dado en 1 ha. Como se puede observar con las dosis y concentraciones a las que comúnmente vienen los fertilizantes foliares, las cantidades de nutrimento aplicadas por ha cuando mucho ascienden a 300 g de elemento puro, que distribuido entre la posible biomasa seca de helecho en esa área, producirán aumentos de concentración del orden de ppm, por lo que podrían resultar de significancia cuantificable

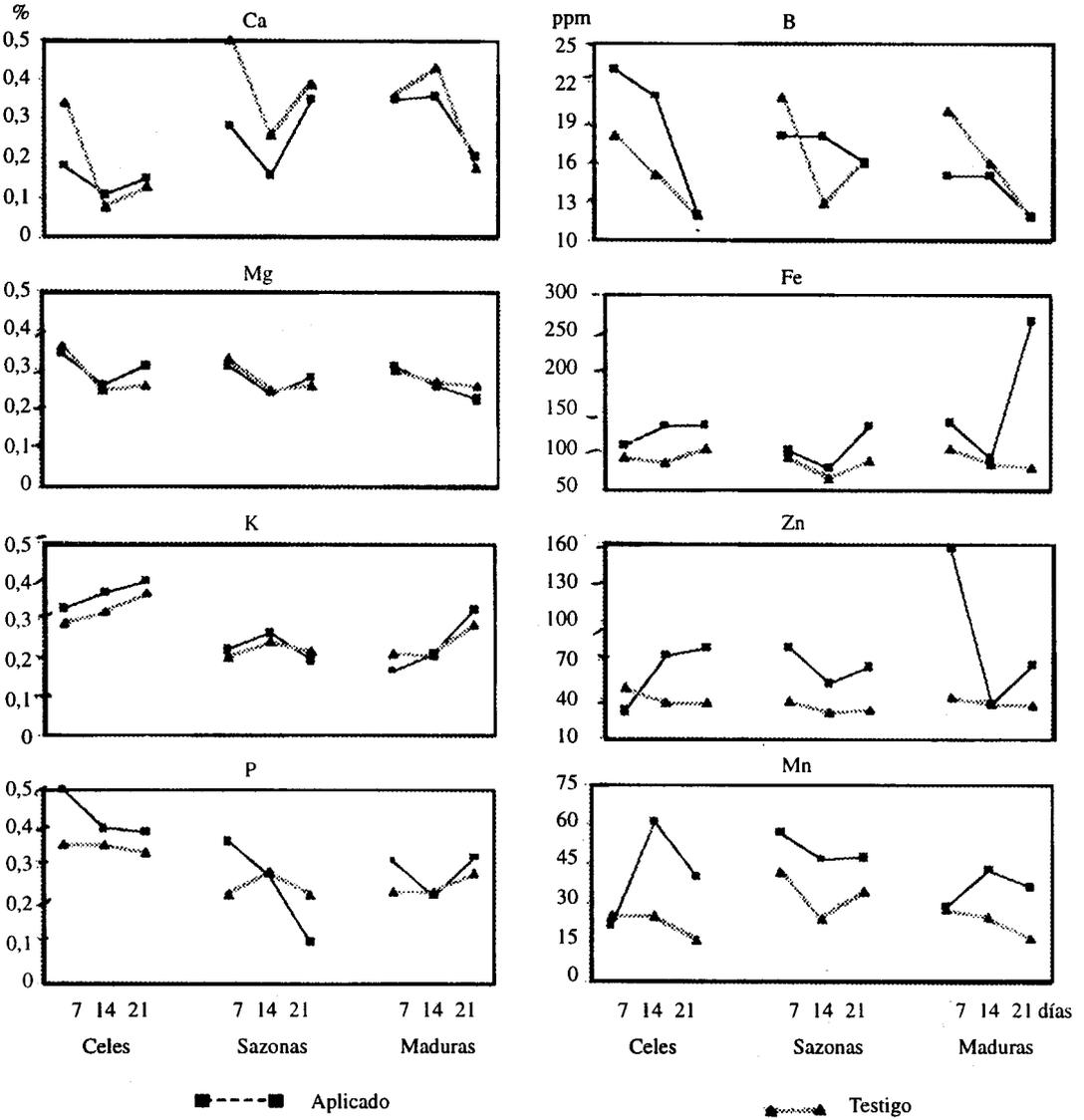


Fig. 1. Comparación de la concentración de hojas celes, sazonas y maduras de helechos con y sin aplicación foliar de cada elemento.

solo para los elementos menores, ya que los elementos mayores se expresan en términos porcentuales (1 ppm=0.0001%). En el caso de los elementos mayores, los posibles incrementos (Cuadro 5) resultan imperceptibles a los métodos de determinación rutinarios ya que a lo sumo alcanzan 0.006% (60 ppm) de incremento, y normalmente estos elementos se reportan con 2 decimales. No implica esto, sin embargo, que un suminis-

tro de 50 ppm en el caso de K, o de 20 ppm para Mg (Cuadro 5), carezca de significancia fisiológica para la planta; sencillamente, la metodología empleada en este estudio no permite evaluar estos efectos.

En el caso del B y P, se observa absorción en frondas celes, y de P en las maduras; la parcela que recibió ambos elementos mostró producciones mayores de frondas que el testigo.

Cuadro 4. Cosecha de helecho obtenida 3 semanas después de la última aplicación, para cada uno de los tratamientos en parcelas de 45 m².

Productos aplicados	Elemento	# Rollos de Campo	# Frondas	% Fronda con espora
Calynit	Ca	34	688*	4.9
Quelato de Fe	Fe	42	889*	15.7
Testigo		50	1000	6.3
Quelato de Mn	Mn	52	1040	5.6
Quelatozin Plus	Zn	53	1061	5.1
Boro orgánico	B y P	56	1120*	4.6
Mascafé	K	57	1133*	6.1
Quelato de Mg	Mg	64	1285*	5.2

Los tratamientos con asterisco (*) son diferentes al resto, según prueba de Chi-cuadrado ($P \leq 0.05$).

Cuadro 5. Incremento teórico en la concentración de nutrientes de las frondas de helecho hoja de cuero luego de una aplicación foliar normal de los elementos P, K, Ca, Mg, Zn, Fe, Mn y B a las dosis recomendadas

Elementos	Dosis (L/ha)	Concentración	Cantidad aplicada	Incremento en concentración foliar*	
				ppm	%
P	1	11% P ₂ O ₅	48 g P/ha	10	0.001
K	3	10% K ₂ O	249 g K/ha	50	0.005
Ca	3	10% Ca	300 g Ca/ha	60	0.006
Mg	2	6.5% MgO	78 g Mn/ha	20	0.002
Zn	2	11% Zn	220 g Zn/ha	45	
Fe	2	7.1% Fe	142 g Fe/ha	29	
Mn	2	5% Mn	100 g Mn/ha	21	
B ₂ O ₃	1	10% B ₂ O ₃	31 g B/ha	6.4	

*Se consideró un 50% del follaje de una hectárea útil (3650 kg de peso seco) (Ramírez 1997) y un 75% de eficiencia de aplicación.

Con respecto al Fe, Mn y Zn (Cuadro 3, Figura 1), se observa que en 7 de las 9 observaciones incluyendo las 3 edades hubo un incremento importante de la concentración foliar luego de la aplicación. En algunos casos este incremento superó el 100% y, en el caso del Zn, el porcentaje de incremento estuvo en todo momento en el rango entre 70 y 115%. Una comprobación estadística de estos resultados (Dunnnett al 5%) se dio para el caso del Fe en hojas celes, y del Zn y Mn en hojas sazonas.

En el caso del Fe es muy importante señalar el efecto detrimental de su absorción en la formación de una mayor cantidad de soros que en el testigo (2.5 veces más) (Cuadro 5).

En cuanto al rendimiento, ninguno de los 3 elementos mostró diferencias estadísticas respecto al testigo.

En síntesis, la aplicación foliar de elementos mayores normalmente no se refleja en un incremento en el contenido foliar de los mismos, pero sí podría repercutir en una mejoría cualitativa o cuantitativa de la producción. Es importante, por lo tanto, evaluar el efecto de dosis mayores, hasta llegar a establecer aquella que resulte productiva y económicamente óptima.

En cuanto a los elementos menores sucede lo contrario. Las cantidades aplicadas según las dosis comerciales pueden subir los niveles foliares en forma importante aunque su repercusión en la producción no sea tan evidente. En este caso los elementos menores resultan una alternativa para solventar deficiencias detectadas, pero sería conveniente calibrar las dosis a aplicar de acuerdo a la situación de cada elemento en la planta, en cada

finca, de tal manera que el incremento en los niveles foliares sea el necesario, y no traiga consecuencias negativas en las hojas, como en el caso de la producción de soros causada por el Fe.

AGRADECIMIENTO

Las autoras agradecen al personal de la Finca Follajes de Sarchí, Ing. Diego Berrocal, Ing. Róger Rodríguez y otros asistentes de campo, sin cuya disposición para realizar el experimento y la colaboración en su ejecución no habría sido posible realizarlo.

LITERATURA CITADA

- ALTMAN, D.W.; Mc CUISTION, W. L.; KRONSTAD, W. E. 1983. Grain protein percentage, kernel hardness, and grain yield of winter wheat with foliar applied urea. *Agronomy Journal* 75 (1): 87-91.
- BERROCAL, L. D. 1996. Producción de follajes para la exportación. In: Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales (10, San José, 1996.) Memoria: agronomía y recursos naturales. Ed. por F. Bertsch, W. Badilla y J. García. San José, EUNED, EUNA. 440 p.
- BOARETTO, E. A.; ROSOLEM, C. A. 1989. Adubacao foliar; conceituacao e prática. In: Adubacao foliar. Ed. por E.A. Boaretto y C.A. Rosolem, Campinas. Brasil, Fundação Cargill. p. 301-320.
- CONEJO, J. A. 1996. Fertilización del helecho hoja de cuero (*Rumohra adiantiformis*) utilizando ácido húmico y fertilizantes quelatizados. Tesis. San Carlos, Departamento de Agronomía, Instituto Tecnológico de Costa Rica. 68 p.
- GRAHAM, R. D.; WEBB, M. J. 1991. Micronutrients and disease resistance and tolerance in plants. In: Micronutrients in agriculture. Ed. by J.J. Mortverdt. Madison, Wis., USA. p. 329-370.
- KANNAN, S. 1986. Foliar absorption and transport of inorganic nutrients. CRC Critical reviews. Plant Sciences. CRC Press Inc. USA 4 (4): 347-376.
- KANNAN, S. 1986. Physiology of foliar uptake of inorganic nutrients. Proceedings of the Indian Academy of Science 96 (6): 457-470.
- LOVATT, C. J.; SAGEE, O.; ALI, G. 1992. Ammonia and/or its metabolites influence flowering, fruit set, and yield of the 'Washington' navel orange. Proc. Int. Soc. Citriculture Paper 307.
- MARSCHNER, H. 1990. Mineral nutrition of higher plants. Boston, Academic Press. p. 103-114.
- MONGE, M. A. 1992. Aspectos morfológicos y nutricionales del helecho hoja de cuero (*Rumohra adiantiformis*) en condiciones tropicales. Tesis. San José, Escuela de Fitotecnia, Universidad de Costa Rica. 103 p.
- RABE, E. 1994. Yield benefits associated with pre-blossom low biuret urea sprays on *Citrus* spp. *Journal of Horticultural Science* 69 (3): 495-500.
- RAMÍREZ, F. M. 1997. Requisitos nutricionales, aprovechamiento de registros, ciclos de corta y evolución de antracnosis en helecho hoja de cuero (*Rumohra adiantiformis*) en las Fincas Follajes de Sarchí y Follajes Las Trojas. Práctica Dirigida. San José, Escuela de Fitotecnia, Universidad de Costa Rica. 64 p.
- REUVENI, R.; AGAPOV, V.; REUVENI, M. 1994. Foliar spray of phosphates induces growth increase and systematic resistance to *Puccinia sorghi* in maize. *Plant Pathology* 43 (2): 245-250.
- SEGURA, A. 1992. Aspectos básicos de la fertilización foliar. In: Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales (9, San José, 1992). San José, Colegio de Ingenieros Agrónomos. No. 70.
- SWIETLINK, D.; BUNCE, J. A.; MILLER, S. S. 1984. Effect of foliar application of mineral nutrients on stomatal aperture and photosynthesis in apple seedlings. *J. Amer. Soc. Sci.* 109 (3): 306-312.