

APORTE FOLIAR DE TITANIO A PLANTAS DE PIMIENTO PIMENTONERO. INFLUENCIA SOBRE EL BALANCE DE NUTRICION EN PERICARPIO DE FRUTO

M. Carvajal*, M. J. Frutos*, J. L. Giménez*, C. F. Alcaraz*
y F. Martínez-Sánchez**

* *CEBAS-CSIC. Apto. 4195. - 30080 - Murcia.*

** *Universidad Politécnica de Valencia. EUITA-Orihuela.*

RESUMEN

Sobre plantas de pimiento pimentonero (*Capsicum annuum*, L., cvs. Agrupada y Negral), cultivadas en condiciones de invernadero y campo, bajo sistema de fertirrigación, se efectúa el aporte foliar de Ti(IV) en dosis de 0, 2, 4 y 6 mg Ti L⁻¹, aplicadas después del cuaje de fruto. En estado de sobremaduración del fruto se procede al muestreo, análisis mineral y control de cosecha.

Los tratamientos foliares de titanio no influyen sobre la composición mineral del pericarpio del fruto, con la única excepción de un incremento generalizado en la concentración de hierro y de nitrógeno y fósforo en la variedad Negral, sin que ello induzca ningún desequilibrio nutricional. Se observa un aumento del consumo de nutrientes, aunque sólo el hierro presenta un incremento significativo de su índice de eficacia en este tejido del fruto.

De los resultados se deduce que el aporte foliar de titanio favorece la asimilabilidad general de los bioelementos y su utilización en el pericarpio del fruto, aunque la superior incidencia sobre el hierro, junto con otros efectos fisiológicos previamente observados, parecen indicar que ambos metales, Fe y Ti, pueden tener un papel similar en alguna ruta biosintética de estas plantas.

Palabras clave: Pimiento. Titanio. Nutrición mineral. Calidad de fruto.

SUMMARY

TITANIUM LEAF APPLICATION IN RED PEPPER PLANTS. INFLUENCE ON THE FRUIT PERICARPIUM NUTRIENT BALANCE

On red pepper plants (*Capsicum annuum*, L., cvs.: Agrupada and Negral) growing in both greenhouse and land conditions, under the fertigation system, an experiment was undertaken with Ti(IV) leaf spray treatments at 0, 2, 4 and 6 mg Ti L⁻¹ doses. When the fruits are over-ripe fruit sampling, yield control and mineral analysis of the fruit pericarpium, is carried out.

Trabajo subvencionado por la Consejería de Agricultura de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia, en el Proyecto "Optimización del cultivo del pimiento para pimentón".

Ti leaf spray treatments did not influence the mineral composition of the fruit pericarpium, except for iron which showed a concentration increase, as well as in cv. Negral for nitrogen and phosphorus, but these increases did not result in any nutrient imbalance. An improvement in the nutrient consumption is observed although only iron presents significative enhancement of its efficacy index in this fruit tissue.

From the results it is possible to deduce that Ti leaf application enhances the general nutrient availability as well as their fruit utilization, though the highest effect on iron, jointly with other physiological effects previously observed it seems to indicate that both metals, Fe and Ti, could act with a similar role in some biosynthetic pathway of these capsicum plants.

Key words: Capsicum. Titanium. Plant nutrition. Fruit quality.

INTRODUCCION

De entre los elementos de transición, con posibilidad de cambio de valencia y, por tanto, con potencial participación en los procesos de transferencia electrónica ligados a la fotosíntesis, está el titanio, cuyos efectos beneficiosos sobre germinación (Martínez-Sánchez *et al.*, 1990), rendimiento en la producción de biomasa y cosecha (Alcaraz *et al.*, 1990; 1991 y 1991a; Giménez *et al.*, 1990; Kiekens y Camerlynck, 1987; Martínez-Sánchez *et al.*, 1991a), síntesis proteica y actividad fotosintética (Biacs *et al.*, 1987 y 1987a; Carvajal *et al.*, 1991; Daood *et al.*, 1987 y 1988; Pais, 1983) y calidad de fruto (Martínez-Sánchez *et al.*, 1992 y 1992b), en una amplia gama de especies vegetales, han sido comunicados con insistencia durante la última década.

Pero también es cierto que las plantas tratadas con este metal de transición presentan generalmente un incremento en las concentraciones foliares de otros bioelementos, como calcio, magnesio, hierro y manganeso (Alcaraz *et al.*, 1990; Feher *et al.*, 1987; Martínez-Sánchez *et al.*, 1991

y 1992) y estos nutrientes, en especial los oligoelementos, tienen una participación decisiva, tanto en los procesos de actividad fotosintética con regulación enzimática, como sobre la síntesis de pigmentos definidores de la calidad del fruto, por lo que subsiste la duda de que tales efectos favorecedores del titanio sean debidos al propio metal de transición, en una ruta metabólica actualmente desconocida, o que sean motivados por un efecto sinérgico en la asimilación de otros oligoelementos, en especial de hierro, cinc y manganeso.

Por otra parte, los elementos metálicos no esenciales son considerados casi siempre componentes problemáticos, desde un punto de vista sanitario, debido a que su acumulación puede producir toxicidad en plantas o animales y porque los niveles inocuos y peligrosos suelen estar muy próximos. Aún cuando no sea éste el caso del titanio, sobre el que no existe límite de toxicidad para la ingesta diaria en alimentación animal y humana (FAO, 1971) y cuyos efectos beneficiosos sobre el metabolismo vegetal acabamos de

comentar, es pertinente conocer el efecto sobre la composición mineral del fruto que se induce por los

tratamientos con el elemento en las plantas cultivadas.

MATERIAL Y METODOS

Planta:

Las variedades de *Capsicum annum*, L. utilizadas fueron: NEGRAL, que es una variedad de las de mayor cultivo en la Región de Murcia y una variedad de floración y fructificación agrupada (AGRUPADA: selección de Buketen × Albar), por la conveniencia de introducir la recolección mecanizada.

Planteamiento experimental:

Tanto en los ensayos de invernadero como en los de campo, se establecen, por el sistema de bloques al azar, cuatro parcelas experimentales con tres repeticiones por bloque, para cada uno de los cultivares. La plantación, con material procedente de semillero, se efectuó a finales de Abril. La densidad de plantación fue de 70000 plantas por hectáreas y cada bloque tenía una extensión de 50 m² en invernadero y de 150 m² en campo. Un bloque de cada ensayo y variedad se utilizó como referencia y no recibió aporte de titanio. Las restantes tres parcelas recibieron un tratamiento foliar, dos y tres respectivamente, el primero de ellos en la primera semana de Julio y los otros dos con 15 días de periodicidad. La dosis de Ti empleada en todos los casos fue de 2 mg L⁻¹ a pH:6 (TITAVIT, complejo de ascorbato de Ti (IV), 1 g Ti L⁻¹), por lo que las dosis aplicadas fueron, respectivamente, de 0, 2, 4 y 6 mg Ti L⁻¹. To-

das las plantas recibieron idénticas dosis de riego, fertilización y tratamientos fitosanitarios, por lo que las únicas variables experimentales son los aportes de titanio, el cultivo en condiciones de invernadero o de campo y los cultivares de ensayo.

Muestreos:

A mediados de Octubre, cuando las plantas presentaban al fruto en estado de sobremaduración, se realizó el muestreo de los frutos de cinco plantas, elegidas al azar, de cada variedad y tratamiento. Los frutos de cada planta constituyeron muestras individuales, sobre las que se efectuaron las determinaciones analíticas correspondientes.

Determinaciones analíticas:

N se analizó por el método semi-micro Kjeldahl. P por espectrofotometría del complejo fosfomolibdo vanadato amónico. El resto de los bioelementos se determinó por espectrometría de absorción atómica de diluciones adecuadas del extracto en HCl 6N de las cenizas producidas en la calcinación en horno de mufla a 485-500 °C de una muestra de pericarpio previamente lavada, seca y molida.

Obtención del índice de eficacia de los nutrientes en el pericarpio:

Para un nutriente dado, se puede considerar como "eficacia" el co-

ciente entre su contenido en un órgano o tejido y la producción o cosecha de la planta. La relación entre las eficacias de un tratamiento y su referencia constituiría el "índice de eficacia" del elemento considerado para

tal tratamiento. En este trabajo se ha utilizado el contenido medio de cada nutriente en el pericarpio de los frutos de una planta y la producción media de la parcela correspondiente (en g planta⁻¹).

RESULTADOS Y DISCUSION

En trabajos anteriores se ha puesto en evidencia la baja movilidad del titanio en la planta (Carvajal *et al.*, 1991; Martínez-Sánchez *et al.*, 1992 y 1992a), de tal modo que el elemento de transición se acumula en el tejido receptor (hoja o raíz, según el experimento) sin que haya una traslocación importante a la parte aérea (aporte en disolución nutritiva) o al fruto (tratamientos por vía foliar). No obstante, en ambos casos, la composición mineral del tejido receptor se veía afectada por el tratamiento y, especialmente cuando se utiliza el aporte foliar, los niveles de algunos nutrientes en hoja experimentaban incrementos importantes sin que, por otro lado, la planta mostrase síntomas de desequilibrio nutricional por esta causa (Alcaraz *et al.*, 1991a; Martínez-Sánchez *et al.*, 1991 y 1992), lo que concuerda con los resultados expuestos por Feher *et al.* (1987) en estudios similares sobre plantas de tomate.

No obstante, dado que los frutos de plantas tratadas con titanio por vía foliar, tanto de pimiento (Carvajal *et al.*, 1991; Giménez *et al.*, 1990; Martínez-Sánchez *et al.*, 1991 y 1992b), como de tomate (Biacs *et al.*, 1987a; Daoud *et al.*, 1987) presentan una composición bioquímica favorecida en algunos metabolitos directamente relacionados con la cali-

dad de fruto, es interesante analizar si estas diferencias tienen algún reflejo en su composición mineral, en un intento de avanzar en el conocimiento del papel ejercido por el titanio en el metabolismo vegetal.

De los datos expuestos en la figura 1 se puede deducir que existe una mayor diferencia en la composición mineral de pericarpio del fruto achacable a la variedad o al sistema de cultivo que a la intensificación del aporte foliar de titanio. Merece la pena señalar que los oligoelementos presentan mayores concentraciones en el pericarpio de los frutos procedentes de plantas cultivadas en condiciones de campo que en los procedentes de invernadero, en situación claramente opuesta al comportamiento de los elementos mayoritarios.

En general, se observa que las variaciones en las concentraciones de los bioelementos, inducidas por los distintos tratamientos foliares con titanio, no son importantes desde el punto de vista cuantitativo. No obstante, se puede destacar que N, K, Ca y Mg presentan una tendencia a disminuir su concentración en el pericarpio del fruto al aumentar la dosis de titanio suministrada, tanto en los ensayos en condiciones de invernadero como de campo y

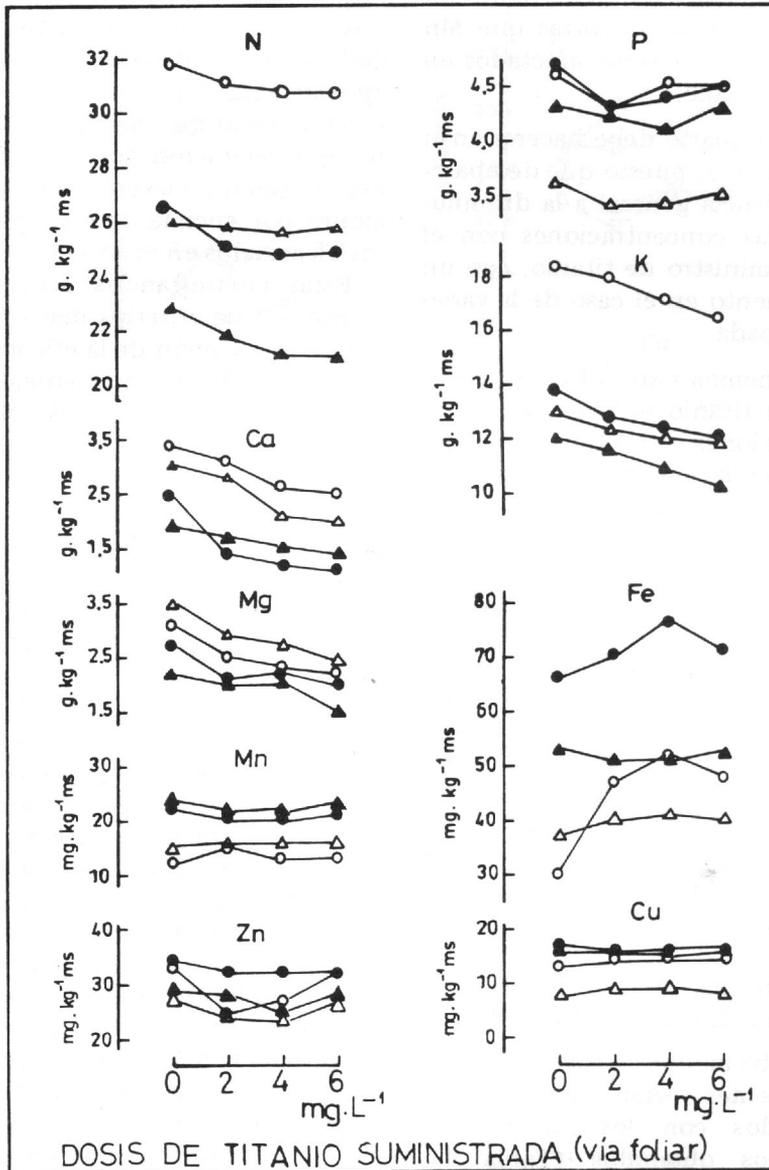


FIG. 1.-Efecto de la dosis foliar de Ti(IV) sobre la composición mineral del pericarpio de frutos de pimiento pimentonero. (Clave: o.-Agrupada en invernadero; ●.-Agrupada en campo; △.-Negral en invernadero; ▲.-Negral campo).

para las dos variedades de pimiento en estudio. P y Zn están influenciados en el mismo sentido, aunque con menor intensidad, mientras que Mn y Cu no parecen verse afectados en forma apreciable.

Mención aparte debe hacerse en el caso del hierro, puesto que desaparece la tendencia general a la disminución de las concentraciones con el mayor suministro de titanio, con un claro aumento en el caso de la variedad Agrupada.

Como hemos visto, el tratamiento foliar con titanio induce mejoras en las condiciones fisiológicas de desarrollo vegetativo, pero no afecta a la composición mineral del fruto, como un exponente de que la planta mantiene su normalidad fisiológica. Sin embargo, el consumo de bioelementos por el fruto parece estar más relacionado, en algunos casos, por el aporte foliar del metal de transición (Fig. 2) y, en este caso, de forma más selectiva para determinados nutrientes. Nitrógeno, fósforo, hierro, potasio, manganeso y cinc son los elementos cuya extracción por el pericarpio del fruto está más influida por el aporte de titanio, pero también aquí la influencia varietal es evidente, con una respuesta mucho más clara en el caso del cultivar Negral.

Indudablemente, estos consumos de nutrientes están directamente relacionados con los incrementos productivos obtenidos (Tabla 1). La variedad Agrupada ofrece niveles de cosecha considerablemente más bajos que la Negral. El aporte de titanio a las plantas de la Agrupada, efectuado con posterioridad al cuaje del fruto, como no puede incidir sobre el proceso de fructificación,

solamente ha influido sobre el peso del fruto y, por ello, la intensidad de respuesta productiva ha sido menor. Las producciones alcanzadas en Negral, de fructificación escalonada, apoyan esta hipótesis y merece la pena destacar que las plantas de campo, que recibieron dos y tres aportes del elemento, elevaron sus producciones por encima de los rendimientos alcanzados en invernadero.

Estas circunstancias aconsejan la utilización de criterios más objetivos para la evaluación de la eficacia en la utilización de los nutrientes por la planta o por fracciones de ella. Los resultados obtenidos para el índice de la eficacia de los bioelementos en el pericarpio de fruto se exponen en la figura 3.

Es claro que la composición mineral en macronutrientes catiónicos del pericarpio no se ve influenciada por el aporte de titanio y que nitrógeno y fósforo sólo mejoran su eficacia en la variedad Negral. De entre los oligoelementos, cinc es el que se ve menos favorecido en su índice de eficacia aunque, en general, solamente el hierro ofrece una evidencia clara de que los tratamientos foliares con el elemento de transición ha inducido su mejor utilización por el pericarpio del fruto, confirmando así que tiene una participación importante en los procesos de síntesis de determinados componentes de calidad de fruto, como pigmentos fotosintéticos, hecho que ya se afirmaba en trabajos anteriores de este equipo investigador (Martínez-Sánchez *et al.*, 1990a) y que podría justificar los efectos del titanio sobre distintos marcadores de la actividad fisiológica de las plantas, en especial en lo concerniente a incrementos de actividad enzimática

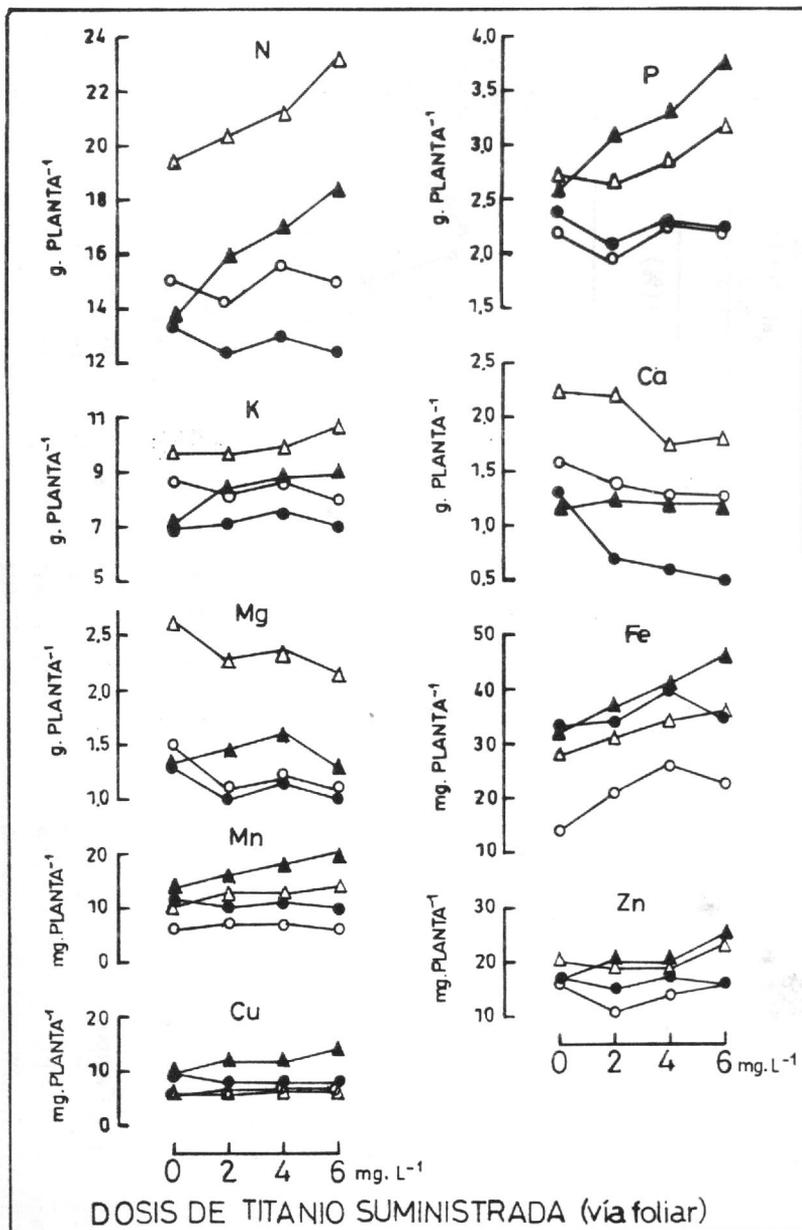


FIG. 2.—Efecto de la dosis foliar de Ti(IV) sobre el consumo de nutrientes por el pericarpio de frutos de pimiento pimentonero. (Clave: o.—Agrupada en invernadero; ●.—Agrupada en campo; △.—Negral en invernadero; ▲.—Negral campo).

TABLA 1

Influencia de tratamientos foliares con Ti(IV) (TITAVIT, complejo de ascorbato de titanio, 1g Ti L⁻¹) sobre peso y humedad de pericarpio y de producción de fruto de pimiento pimentonero (Alcaraz et al., 1991).

Variedad	Sistema cultivo	Dosis Ti mg L ⁻¹	Pericarpio		Producción g planta ⁻¹
			Peso g fruto ⁻¹	HUMEDAD (%)	
Agrupada	Invernadero	0	13.45a	84.43bc	295.2
"	"	2	13.64a	85.66cef	301.8
"	"	4	14.19b	84.68de	302.8
"	"	6	14.52c	85.96g	311.6
"	Campo	0	15.08d	8283a	261.2
"	"	2	15.76f	84.64bcdef	276.4
"	"	4	15.52e	83.55abd	283.6
"	"	6	15.39e	83.54abd	273.4
Negral	Invernadero	0	14.28b	83.27a	461.1
"	"	2	14.41b	83.45a	484.4
"	"	4	14.78a	83.12a	483.6
"	"	6	15.01d	83.15a	512.2
"	Campo	0	13.97a	84.90b	441.9
"	"	2	15.73e	84.91b	472.4
"	"	4	16.60f	84.83b	490.1
"	"	6	17.40g	84.78b	503.9

Para cada columna y para cada variedad, valores seguidos por igual letra no son significativamente diferentes, por LSD, al nivel p:0.05.

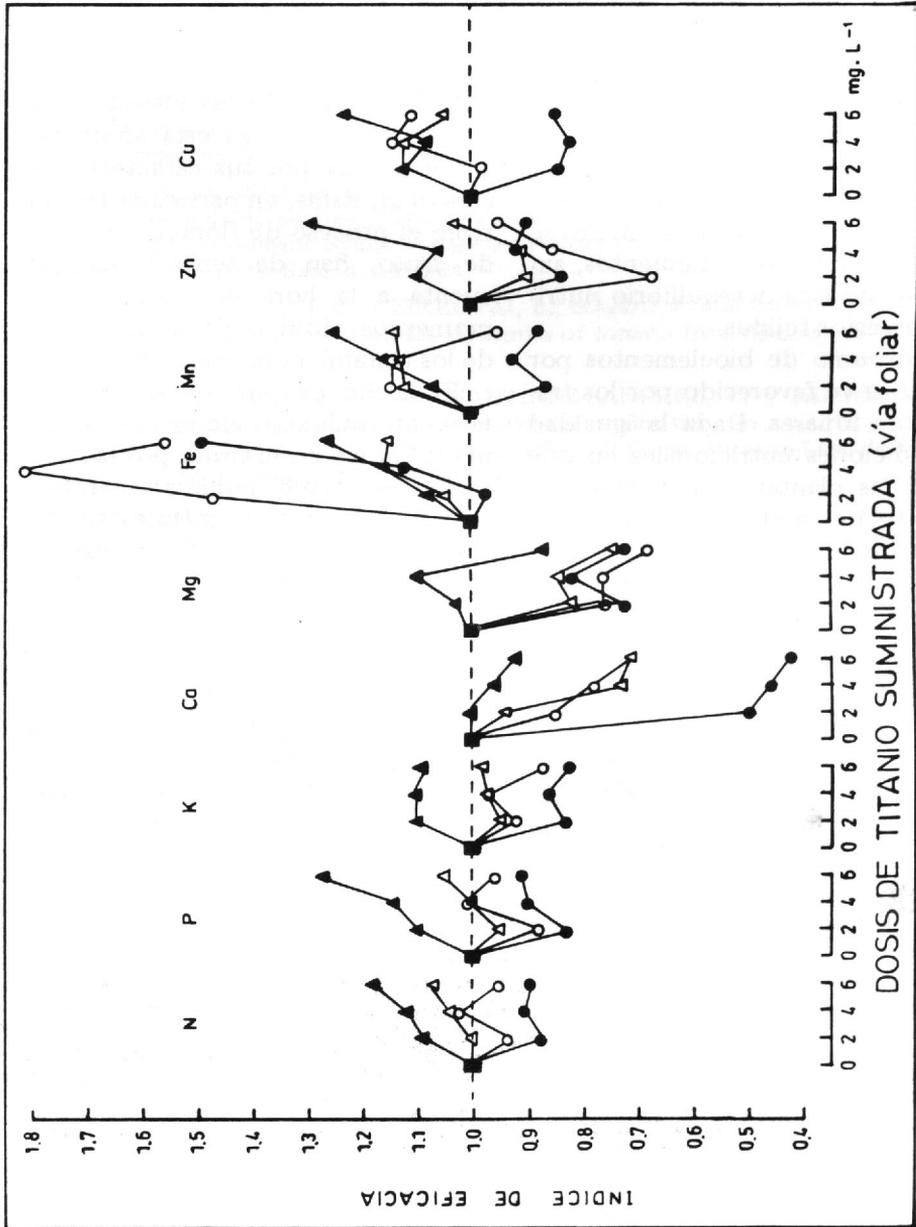


FIG. 3.—Índices de eficacia en la utilización de los nutrientes por el pericarpio de frutos de pimiento pimentonero. (Clave: o.—Agrupada invernadero; ●.—Agrupada campo; △.—Negral invernadero; ▲.—Negral campo).

de los sistemas peroxidasa, catalasa y nitrato reductasa (Carvajal *et al.*, 1991) y síntesis de ácido ascórbico (Martínez-Sánchez *et al.*, 1992b).

CONCLUSIONES

El balance nutriente del pericarpio de frutos de pimiento pimentonero, procedente de plantas tratadas por vía foliar con titanio en distintas dosis, permanece inalterado. Solamente la concentración de hierro se incrementa por los tratamientos, sin que ello induzca desequilibrio nutricional en estos tejidos.

El consumo de bioelementos por el fruto se ve favorecido por los tratamientos foliares. Dada la igualdad de condiciones nutricionales en que vegetan las plantas, se concluye que el aporte de titanio favorece la asimilabilidad del resto de nutrientes, con una mayor efectividad para hie-

rrero, nitrógeno y fósforo.

La respuesta de las plantas a los tratamientos foliares está altamente condicionada por sus características genéticas. Estas, en particular las que rigen el proceso de floración y cuaje de fruto, han de tenerse muy en cuenta a la hora de planificar los momentos idóneos de la aplicación de los tratamientos con titanio.

El hecho de que el hierro sea el elemento más activado en sus funciones, también en el fruto, por la aportación de titanio, pudiera ser indicativo de que ambos metales tengan funciones muy similares en algunos procesos del metabolismo vegetal.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a J. J. Albarracín, S. A. (Murcia) por proporcionar las semillas ensayadas, obtenidas por J. C. Costa

(CRIA, Murcia) y a Mrs. Barfait (CHEMOLIMPEX, Budapest) por el suministro gratuito de TITAVIT empleado en los experimentos.

BIBLIOGRAFIA

- ALCARAZ, C. F., GIMENEZ, J. L., MORENO, A., FUENTES, J. L. and MARTINEZ-SANCHEZ, F., 1990. Effects of Fe and Ti on yield and fruit quality of *Capsicum annuum*, L. plants. Proc. 23rd Int. Horticultural Congress, Firenze, 2: 3359.
- ALCARAZ, C. F., MARTINEZ-SANCHEZ, F. y GIMENEZ, J. L., 1991. Ascorbato de titanio, nuevo fertilizante foliar. Agricultura, 708: 636-638.
- ALCARAZ, C. F., CARVAJAL, M., GIMENEZ, J. L., MORENO, A., FUENTES, J. L. y MARTINEZ-SANCHEZ, F., 1991a. El titanio como fertilizante foliar en agricultura. Efectos sobre producción y calidad en plantas de *Capsicum annuum*, L. cultivadas en fertirrigación. Proc. II Congr. Nal. Fertirrigación. FIAPA-SECH. Almería: 27.
- BIACS, P. A., DAOOD, H. G., PAVISA, C. A. and HAJDU, F. G., 1987. Studies on the carotenoids of paprika (*Capsicum annuum*, L., var. Sz-20). Proc. Scientific Int. Technical-Development Symp. Hungarian Paprika (Red Pepper). Hungarian Academy of Sciences. Kalocsa-Szeged: 249-264.
- BIACS, P. A., DAOOD, H. G., CZINKOTAI, B., HAJDU, F. and KISSKUTZ, N., 1987a. Effect of Titavit treatment on the dynamics of tomato fruit ripeness. Acta Horticulturae, 220: 433-438.
- CARVAJAL, M., GIMENEZ, J. L., MARTINEZ-SANCHEZ, F. y ALCARAZ, C. F., 1991. Influencia del titanio sobre actividades enzimáticas en hoja de plántulas de *Capsicum annuum*, L. Actas IX Reunión SEFV y II Congr. Hispano-Luso de Fisiología Vegetal. ETSI Montes-ICONA. Madrid: 76.
- DAOOD, H. G., BIACS, P. A., FEHER, M., HOSCHKE, A., HAJDU, F. and PAIS, I., 1987. Effect of titanium treatment on the development and stability of pigments in tomato fruit. In: New Results in the Research of Hardly Known Trace Elements and the Analytical Problems of the Trace Element Research (Proc. 2nd Int. Trace Elements Symp., I. Pais, Ed.). University of Horticulture and Food Industry, Budapest: 69-100.
- DAOOD, H. G., BIACS, P. A., FEHER, M., HAJDU, F. and PAIS, I., 1988. Effect of titanium on the activity of lipoxygenase. J. Plant Nutr., 11: 505-516.
- FAO, 1971. Reuniones sobre Nutrición, núm. 46: OMS Techn. Rep. Ser., núm. 445. 13° Informe del Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios.
- FEHER, M., PAPP, K., FODOR, P. and PAIS, I., 1987. The effect of titanium treatment on the uptake of other nutritive elements. In: New Results in the Research of Hardly Known Trace Elements and the Analytical Problems of Trace Element Research (Proc. 2nd Int. Trace Elements Symp., I. Pais, ed.). University of Horticulture and Food Industry, Budapest: 113-126.
- GIMENEZ, J. L., MARTINEZ-SANCHEZ, F., MORENO, A., FUENTES, J. L. and ALCARAZ, C. F., 1990. Titanium in plant nutrition. III. Effect of Ti(IV) on yield of *Capsicum annuum*, L. In: Nutrición Mineral bajo Condiciones de Estrés (Actas III Simp. Nal. Nutrición Mineral de las Plantas). Serv. Publ. Int. Cient. UIB. Palma de Mallorca: 123-128.
- KIEKENS, L. and CAMERLYNCK, R., 1987. Influence of Titavit on growth of maize and cowpea grown in nutrient solution. In: New Results in the Research of Hardly Known Trace Elements and the Analytical Problems of Trace Element Research (Proc. 2nd Int. Trace Element Symp., I. Pais, Ed.). University of Horticulture and Food Industry, Budapest: 101-112.
- MARTINEZ-SANCHEZ, F., GIMENEZ, J. L., FRUTOS, M. J., CARVAJAL, M. and ALCARAZ, C. F., 1990. Titanium in plant nutrition. II. Effect of Ti(IV) on germination and initial plant development of *Capsicum annuum*, L. In: Nutrición Mineral bajo Condiciones de Estrés (Actas III Simp. Nal. Nutrición Mineral de las Plantas). Serv. Publ. Int. Cient. UIB, Palma de Mallorca: 115-121.

- MARTINEZ-SANCHEZ, F., GIMENEZ, J. L., MARTINEZ-CAÑADAS, M. A., PASTOR, J. and ALCARAZ, C. F., 1990. Micronutrient composition in several portions of capsicum plants and their relation with red fruit colour. *Acta Alimentaria*, 19: 177-185.
- MARTINEZ-SANCHEZ, F., CARVAJAL, M., FRUTOS, M. J., GIMENEZ, J. L. y ALCARAZ, C. F., 1991. Titanio en la nutrición de plantas de pimiento pimentonero (*Capsicum annuum*, L.). *Ciencia Agronómica*, 1: 73-78.
- MARTINEZ-SANCHEZ, F., GIMENEZ, J. L., MORENO, A., FUENTES, J. L. y ALCARAZ, C. F., 1992. Efecto de tratamientos foliares con Ti(IV) sobre nutrición, producción y calidad de fruto en plantas de *Capsicum annuum*, L. *Suelo y Planta*, 2: 101-111.
- MARTINEZ-SANCHEZ, F., GIMENEZ, J. L., CARVAJAL, M., FRUTOS, M. J. and ALCARAZ, C. F., 1992a. Effects of Fe and Ti on the nutrient status and yield of *Capsicum annuum*, L. Plants. *J. Plant Nutr.* (In press).
- MARTINEZ-SANCHEZ, F., NUÑEZ, M., AMOROS, A., GIMENEZ, J. L. and ALCARAZ, C. F., 1992b. Effect of titanium leaf spray treatments on ascorbic acid levels of *Capsicum annuum*, L. fruits. *J. Plant Nutr.* (In press).
- PAIS, I., 1983. The biological importance of titanium. *J. Plant Nutr.*, 6: 3-131.

Recibido: 2-3-92.

Aceptado: 12-6-92.