

# ASCORBATO DE TITANIO, FERTILIZANTE FOLIAR

por: C.F. Alcaraz\*; F. Martínez-Sánchez\*\*; y J.L. Giménez\*

La evolución de los conocimientos en el área de la Nutrición Mineral de las plantas ha motivado que los criterios de esencialidad de los elementos minerales, propuesta por ARNON y STOUT (1) no sea tan rígida actualmente y que aparezcan elementos que se clasifiquen en parcialmente esenciales o simplemente beneficiosos para algún tipo de plantas. En estas circunstancias se encuentran algunos elementos, como selenio, silicio, aluminio,... 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.

Durante los últimos años, posiblemente debido a la aparición de un compuesto, complejo de ascorbato de Ti (IV) (TITAVIT® , CHEMOLIMPEX, Budapest, Hungría), utilizable por las plantas en tratamientos por vía foliar, que mejora la asimilabilidad de los sulfinatos y sulfonatos de pentadienil-titanio patentados por MROWCA (24, 25), han aparecido numerosas comunicaciones sobre su empleo en diferentes cultivos, con beneficios importantes en producción de biomasa, cosecha, aceleración de la maduración, calidad de fruto, actividad fotosintética, síntesis protéica, clorofila, germinación de semillas, así como en actividades enzimáticas de peroxidasa, catalasa, nitrogenasa y nitrato reductasa (2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 33, 34).

Estos efectos citados, unido al hecho de que algunas algas marinas, como *Laminaria japonica* y *Ulva fenestrata*, presenten una dispersión diferente del titanio en materiales lipofílicos e hidrofílicos y que se haya encontrado un compuesto del tipo de quelato de titanio del ácido ciclofosfopantoténico, de potencial redox muy bajo, que pudiera tener una conexión bioquímica con ferro proteínas de las plantas (14, 15), hizo proponer a PAIS (27) la hipótesis de que el elemento fuese, en tiempos pretéritos, esencial para el metabolismo vegetal y que las dificultades en su asimilación indujeran, durante la evolución posterior, que sus funciones fue-

- Gran incidencia en el desarrollo vegetativo y la producción de frutos de calidad

sen reemplazadas por otros oligoelementos, posiblemente hierro, cobre y/o cinc, metales de transición como el titanio.

Con independencia de que, en un futuro más o menos próximo, el titanio sea reconocido o no como elemento esencial para las plantas, lo que parece indudable es que incide notablemente en el desarrollo vegetativo, en la producción de fruto y en algunos aspectos de su calidad en diversos cultivos (Tabla 1).

Por otra parte, por lo que se conoce actualmente sobre el tema, parece evidente que los tratamientos foliares con concentraciones que van de 1 a 5 mg Ti(IV). kg<sup>-1</sup> (TITAVIT® , complejo de ascorbato de Ti(IV), 1 g Ti. L<sup>-1</sup>) provocan, cuando menos, una mayor asimilabilidad de otros nutrientes, como fósforo, potasio, magnesio, cobre, hierro, manganeso y cinc en tomate (10) y de nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio, hierro, cinc y manganeso en pimiento (13, 21). Es decir, puede

- Técnica para la mejora nutricional de la planta

sucedir que los tratamientos foliares con titanio induzcan una mejora en la situación nutricional general de la planta y que, debido a ello, se produzcan los efectos beneficiosos que han sido generalmente observados. No obstante, a favor de un papel metabólico propio del titanio en el metabolismo vegetal están los resultados obtenidos por su tratamiento sobre producción de biomasa en cultivos de laboratorio sobre material inerte (Tabla 2) y sobre las concentraciones de capsanteo y de ácido ascórbico en fruto de plantas de pimiento para pimentón (Tablas 3 y 4).

Como podemos deducir de los datos expuestos en la Tabla 5, el titanio presenta baja movilidad dentro de la planta y el elemento se acumula preferentemente en el órgano receptor. Así, en las plantas crecidas en cámara de cultivo, con suministro incorporado en la disolución nutritiva, el titanio se encuentra en concentracio-



Sistema moderno de balsa reguladora para el riego.

(\*) CSIC. CEBAS. Murcia.

(\*\*) Universidad Politécnica de Valencia. EUITA-Orihuela.

**TABLA 1: Efecto del aporte de titanio en diferentes cultivos**

CULTIVO	Dosis y nº de aplicaciones	EFEECTO	Referen.
Albaricoquero	1 ppm (3)	8% incremento productivo	(27)
Alfalfa	1 " (2)	10% incr. prod. Más clorofila	(27)
Alfalfa	1 " (1)	Más activ. nitrogenasa	(27)
Altramuz	2 " (1)	20% incr. prod.	(27)
Berza	2 " (1)	8% incr. prod.	(27)
Caupi	2.5 " (1, CC)	27% incr. peso seco	(17)
Caupi	0.5 " (DN, CC)	22% incr. peso seco	(17)
Cerezo	1 " (3)	10% incr. prod.	(27)
Cerezo	2 " (3)	10% incr. prod.	(27)
Cerezo-vivero	2 " (1)	Más número y tamaño vástagos	(27)
Girasol	1 " (1)	8% incr. prod. 50% más aceite	(27)
Grosella	1 " (1)	13-27% incr. prod.	(27)
Grosella negra	1 " (1)	10% incr. prod.	(27)
Guisante	3 " (1)	10% incr. prod.	(27)
Guisante	5 " (2)	11% incr. prod.	(27)
Guisante	0.1 " (DN, CC)	Germinación: +20%. Biomasa: +15%	(10, 11)
Judía verde	3 " (2)	12% incr. prod.	(27)
Maiz	1 " (4)	6-8% " " Mat. seca: +3%. Proteína: +10%	(27)
Maiz	2-15 ppm (DN, CC)	Más peso seco; Más actividad peroxidasa, nitrato reductasa	(27)
Maiz	0.1 " (DN, CC)	20% incr. prod. materia seca	(17)
Maiz	2.5 " (1, CC)	5-38% incr. prod. mat. seca	(17)
Maiz dulce	1 " (6)	15-25% incr. prod. Más azúcares Menos almidón.	(27)
Manzano	3 " (3)	16% incr. prod. Más azúcares	(27)
Melocotonero	1 " (3)	22% incr. prod.	(27)
Melón	0.1 " (DN, CC)	Germinación: +17%. Biomasa: +15%	(19)
Pasto forrajero	1 " (1)	40% incr. prod.	(27)
Patata	2 " (1)	10% incr. prod.	(27)
Perejil	5 " (1)	9% incr. prod.	(27)
Pimiento	1 " (2)	15% incr. prod. Más vitamina C	(27)
Pimiento	0.1 " (DN, CC)	Germinac.: +18%. Biomasa: +25%	(12, 19)
Pimiento	2 " (1)	15-43% incr. prod.	(11, 23)
Pimiento	2 " (1-3)	Más pigmentos. Más vitamina C	(13, 22)
Remolacab azuc.	1 " (1)	5% incr. prod. +132% azuc. red.	(27)
Tomate	5 " (3)	30% incr. prod. Mayor tamaño	(27)
Tomate	1 " (1)	Incr. clorofila y az. reduct.	(27)
Tomate	2 " (1)	Mayor conc. y estab. pigment. + act. lipoxigenasa. + conc. ac. orgánicos	(5, 6)
Trigo	2 " (1)	5-8% incr. prod. + proteína	(27)
Trigo	2-15 " (DN, CC)	Incr. act. peroxidasa y NRasa. Mayores pesos fresco y seco.	(27)
Uva	1 " (1)	Incr. clorofila y az. reduct.	(27)
Uva de vino	3 " (1)	10% incr. prod.	(27)
Zanahoria	1 " (2)	6% incr. prod. + $\beta$ -caroteno	(27)

DN: Disolución nutritiva; CC: Cámara de cultivo.

**TABLA 2: Influencia del aporte de titanio en la disolución nutritiva sobre la producción de biomasa en plántulas de *Capsicum annum*, L., crecidas en cámara de cultivo. (Los datos son valores medios de 50 muestras y están expresados en mg.planta<sup>-1</sup>).**

Tratamiento	media $\pm$ s	C.V., %	Limites (p:0.05)
Referencia (-T <sub>1</sub> )	410 $\pm$ 28	6.83	362 - 458
+ 0.1 mg Ti. L <sup>-1</sup>	425 $\pm$ 22	5.18	388 - 462

Fuente: Martínez-Sánchez et al. (21).

**TABLA 3: Concentración de capsanteno en frutos de cuatro cultivares de plantas de *Capsicum annum*, L. tratadas con titanio por vía foliar. (Los datos son valores medios de cinco muestras y están expresados en mg.g<sup>-1</sup> de materia seca).**

TRATAMIENTO	AGROPADA			
	mediats	NEGRAL	FLIGH	H3-441
EXPERIMENTO DE INVERNADERO				
Referencia (-T <sub>1</sub> )	5.23 $\pm$ 0.33	3.53 $\pm$ 0.25	5.09 $\pm$ 0.36	3.85 $\pm$ 0.27
1 Trat. con T <sub>1</sub>	5.42 $\pm$ 0.32	3.66 $\pm$ 0.25	5.34 $\pm$ 0.33	4.07 $\pm$ 0.25
2 Trat. con T <sub>1</sub>	5.53 $\pm$ 0.30	4.11 $\pm$ 0.31	6.00 $\pm$ 0.36	4.29 $\pm$ 0.25
3 Trat. con T <sub>1</sub>	5.64 $\pm$ 0.29	3.73 $\pm$ 0.40	6.72 $\pm$ 0.40	4.33 $\pm$ 0.25
EXPERIMENTO DE CAMPO				
Referencia (-T <sub>1</sub> )	4.99 $\pm$ 0.40	2.87 $\pm$ 0.21	5.23 $\pm$ 0.31	4.20 $\pm$ 0.29
1 Trat. con T <sub>1</sub>	5.34 $\pm$ 0.40	3.21 $\pm$ 0.19	5.37 $\pm$ 0.32	4.21 $\pm$ 0.24
2 Trat. con T <sub>1</sub>	5.44 $\pm$ 0.38	3.33 $\pm$ 0.20	7.11 $\pm$ 0.47	4.49 $\pm$ 0.32
3 Trat. con T <sub>1</sub>	5.50 $\pm$ 0.35	3.34 $\pm$ 0.18	7.19 $\pm$ 0.45	4.54 $\pm$ 0.29

Para cada tratamiento (línea), medias precedidas de igual letra en superíndice, no son significativamente diferentes, por LSD, al nivel 5%. Para cada cultivar y cada experimento (columna), medias seguidas de igual letra en subíndice, no son significativamente diferentes, por LSD, al nivel 5%. Fuente: Martínez-Sánchez et al. (23).

nes muy superiores en la raíz, mientras que en los casos de tratamientos foliares, los incrementos de concentración se presentan en la hoja, sin que exista un transporte adicional al fruto.

Esta particularidad justificaría la superior respuesta de las plantas a los tratamientos por vía foliar pero, además, presenta el alto interés de minimizar riesgos de acumulaciones del elemento en el fruto a niveles hipotéticamente nocivos para la salud, cuando la porción vegetal destinada a la alimentación sea este órgano vegetal. De todos modos, aunque no conocemos datos sobre niveles de toxicidad del titanio en la nutrición animal o humana, merece la pena destacar que SHIPE et al. (32) proponen la utilización de dióxido de titanio al 2% para proteger a la vitamina A y a la riboflavina de la leche frente a la acción de la luz fluorescente. Si tales niveles no son nocivos para la salud, difícilmente lo serán las concentraciones máximas (25 mg Ti.kg<sup>-1</sup>) alcanzadas en raíces y hojas de plantas sometidas a tratamientos reiterados con el complejo de ascorbato de titanio, tanto si se destina el material foliar a la nutrición de rumiantes, como cuando, para consumo humano, se trate de plantas horticolas cuya parte ali-



Torre Pacheco (Murcia), 1991.

# Productos mediterráneos / Alimentación

**TABLA 4: Concentración de ácido ascórbico en frutos de cuatro cultivares de plantas de *Capsicum annuum*, L. tratadas con Ti por vía foliar. (Los datos son valores medios de cinco muestras y están expresados en mg. 100 g<sup>-1</sup> de materia fresca).**

TRATAMIENTO	AGRUPADA	VERGAL	FLIGH	H3-441
	mediats	mediats	mediats	mediats
<b>EXPERIMENTO EN INVERNADERO</b>				
Referencia (-Ti)	48±6 <sub>a</sub>	63±4 <sub>a</sub>	76±6 <sub>a</sub>	79±5 <sub>a</sub>
1 tratamiento con Ti	64±5 <sub>b</sub>	67±3 <sub>ab</sub>	87±6 <sub>b</sub>	90±6 <sub>b</sub>
2 tratamientos con Ti	88±9 <sub>c</sub>	72±4 <sub>b</sub>	96±7 <sub>b</sub>	100±5 <sub>c</sub>
3 tratamientos con Ti	60±3 <sub>b</sub>	69±4 <sub>ab</sub>	90±6 <sub>b</sub>	90±6 <sub>b</sub>
<b>EXPERIMENTO DE CAMPO</b>				
Referencia (-Ti)	75±6 <sub>a</sub>	72±4 <sub>a</sub>	100±6 <sub>a</sub>	106±6 <sub>a</sub>
1 tratamiento con Ti	95±8 <sub>b</sub>	93±7 <sub>b</sub>	108±7 <sub>a</sub>	119±8 <sub>b</sub>
2 tratamientos con Ti	118±8 <sub>c</sub>	104±8 <sub>b</sub>	118±6 <sub>b</sub>	123±8 <sub>b</sub>
3 tratamientos con Ti	105±7 <sub>bc</sub>	95±9 <sub>b</sub>	108±8 <sub>ab</sub>	116±7 <sub>ab</sub>

Para cada tratamiento (línea), medias precedidas de igual letra en superíndice, no son significativamente diferentes, por LSD, al nivel 5%. Para cada cultivar y cada experimento (columna), medias seguidas de igual letra en subíndice, no son significativamente diferentes, por LSD, al nivel 5%. Fuente: Martínez-Sánchez et al. (23).

**TABLA 5: Distribución de Titanio en plantas de *Capsicum annuum*, L. (Los valores se expresan en mg Ti. kg<sup>-1</sup> de materia vegetal seca).**

Forma de cultivo y tratamiento	Raíz		Parte aérea	
Plántulas crecidas en cámara de cultivo:				
Referencia, sin aporte de Ti	0.31		0.20	
Con 0.1 mg Ti.L <sup>-1</sup> en la disolución nutritiva	0.90		0.25	
-----				
Plántulas de semillero, sin aporte de Ti				
Muestreadas a los 60 días de la siembra	5.27	0.51	1.37	
Muestreadas a los 75 días de la siembra	7.08	0.84	1.36	
-----				
Plantas adultas en cultivo de campo Referencia: -Ti Trat. foliar Ti				
Sistema tradicional y riego por surcos	Hoja	Fruto	Hoja	Fruto
A los 50 días del trasplante	3.74	1.30		
A los 70 días del trasplante	5.90	1.34		
A los 115 días del trasplante	6.01	1.45	6.50	1.58
A los 140 días del trasplante	6.04	1.50	7.95	1.55
A los 205 días del trasplante	5.62	1.60	9.00	1.55
A los 220 días del trasplante	2.00	1.67	6.95	1.60
-----				
Fertigación en riego localizado				
A los 50 días del trasplante	2.90	1.20		
A los 70 días del trasplante	3.55	1.20		
A los 115 días del trasplante	5.18	1.40	9.67	1.50
A los 140 días del trasplante	5.93	1.45	11.05	1.42
A los 205 días del trasplante	6.22	1.50	13.87	1.44
A los 220 días del trasplante	4.64	1.54	13.04	1.63
-----				
Invernadero con fertigación y riego localizado				
Referencia (-Ti):	A los 70 días del trasplante		0.37	0.47
	A los 140 días del trasplante		1.05	0.55
	A los 220 días del trasplante		2.23	0.63
1 trat. foliar (+Ti):	A los 70 días del trasplante		0.35	0.42
	A los 140 días del trasplante		2.55	0.51
	A los 220 días del trasplante		9.28	0.65
2 tratamientos (++)Ti):	A los 70 días del trasplante		0.40	0.51
	A los 140 días del trasplante		1.50	0.46
	A los 220 días del trasplante		3.88	0.41
3 tratamientos (+++)Ti):	A los 70 días del trasplante		0.38	0.50
	A los 140 días del trasplante		2.19	0.48
	A los 220 días del trasplante		10.71	0.47

Fuente: Martínez-Sánchez et al. (21 y 22).

menticia sea la hoja (acelga, lechuga, etc.) o la raíz (patata, rábano, zanahoria, etc.).

La investigación actual trata de esclarecer el papel fisiológico del titanio en el metabolismo vegetal pero, con independencia de ello, es de gran interés para la agricultura los efectos beneficiosos que se inducen mediante su aporte foliar, que ha llevado a decir, en transcripción literal del descubridor del complejo TITAVIT® , PAIS (27), que: «...el uso de este compuesto es uno de los medios más importantes en la lucha contra el hambre en el mundo...».

## REFERENCIAS

1. — ARNON, D.I., STOUT, P.R. 1939. *Plant Physiol.*, 14: 371-375.
2. — BERCAW, J.E. 1977. In: **Recent Development in Nitrogen Fixation**. Proc. 2nd Int. Symp. London, New York: 25-38.
3. — BIACS, P.A., DAOOD, H.G., PAVISA, C.A., HAJDU, F. 1987. In: **Scientific International Technical-Development Symp. on Hungarian Paprika (Red pepper)**. Hungarian Academy of Sciences. Kalocs-Szeged: 249-264.
4. — BIACS, P.A., DAOOD, H.G., CZINKOTAI, B., HAJDU, F., KISS-KUTZ, N. 1988. *Acta Horticulturae*, 220: 433-438.
5. — DAOOD, H.G., BIACS, P.A., FEHER, M., HOSCHKE, A., HAJDU, F., PAIS, I. 1987. In: **New Results in the Research of Hardly Known Trace Elements and the Analytical Problems of Trace Element research**. (I. Pais, ed.). Un. Horticulture and Food Industry. Budapest: 69-100.
6. — DAOOD, H.G., BIACS, P.A., FEHER, M., HAJDU, F., PAIS, I. 1988. *J. Plant Nutr.*, 11: 505-516.
7. — DOBROLJUBSZKIJ, O.K., TANURKOV, G.R., SZTRAKHOV, V.G. 1981. *Sadov. Vinograd. Vinodel. Mold.*, 36: 33-35.
8. — DUMON, J.C., WHO, E. 1988. *J. Plant Physiol.*, 133: 203-209.
9. — FEHER, D., FODOR, P., PAIS, I. 1986. *Kert. Egy. Kozl.*, 50: 37-45.
10. — FEHER, D., PAPP, K., FODOR, P., PAIS, I. 1987. In: **New Results in the Research of Hardly Known Trace Elements and the Analytical Problem of Trace Element Research**. (I. Pais, ed.). Un. Hort. Food Industry. Budapest: 113-126.
11. — GIMENEZ, J.L., MARTINEZ-SANCHEZ, F., MORENO, A., FUENTES, J.L., ALCA-RAZ, C.F. 1989. En: **Res. VIII R. SEFV**. Univ. Barcelona: 158.
12. — GIMENEZ, J.L., MARTINEZ-SANCHEZ, F., MORENO, A., FUENTES, J.L., ALCA-RAZ, C.F. 1989a. In: **Proc. Eur. Coop. Network Trace Elements**. FAO. Ecol. Polyt. Fed. Lausanne.
13. — GIMENEZ, J.L., MARTINEZ-SANCHEZ, F., MORENO, A., FUENTES, J.L., ALCA-RAZ, C.F. 1990. En: **Nutrición mineral bajo condiciones de estrés**. Proc. III Simp. Butr. Min. Plantas. UIB. Palma de Mallorca: 123-128.
14. — GRÜZHANKOVA, L.N., BOJCSENKO, E.A. 1975. *Fiziol., Raszt.*, 22: 1177-1182.
15. — GRÜZHANKOVA, L.N., UGYELNOVA, T.M., BOJCSENKO, E.A. 1975. *Izv. Akad. Nauk. SSSR, Ser. Biol.*, 1: 76-82.