

## NUTRICIÓN B, ZN Y CU DEL AGUACATE. COMPARACIÓN DE MÉTODOS DE FERTILIZACIÓN.

M.D. Torres<sup>1</sup>, J.M. Hermoso<sup>2</sup> y J.M. Farré<sup>1</sup>

<sup>1</sup> **Centro de Investigación y Formación Agraria. Cortijo de la Cruz s/n. Churriana. 29140 Málaga. España. [lolitorres@eelm.csic.es](mailto:lolitorres@eelm.csic.es)**

<sup>2</sup> **Estación Experimental La Mayora. 29750 Algarrobo Costa. Málaga. España. [jmhermoso@eelm.csic.es](mailto:jmhermoso@eelm.csic.es)**

### RESUMEN

En un suelo muy ligeramente calizo se comparó la aplicación de B, Zn y Cu a través del agua de riego por microaspersión a pH básico (8.6) ó ácido (pH 6.5). Sólo en hojas el contenido de B subió claramente, no observándose diferencias entre los pH comparados. En un segundo experimento Zn y Cu se aplicaron al suelo en un círculo de 60 cm de diámetro, acidificando ó no con S. El Zn en hoja subió en ambos casos aunque algo más en el suelo ácido. El contenido de Cu no subió con ninguno de los dos métodos ensayados. Los árboles testigo mantuvieron los niveles foliares de B y Zn entre 15 y 20 ppm. En los tratados con B, éste ascendió a 40-50 ppm con ó sin ácido. El Zn en árboles tratados al suelo ascendió a 30-50 ppm en suelo básico y a 50-90 ppm en suelo ácido. Los contenidos de B y Zn en raíces aumentaron paralelamente a los de las hojas, pero con cierto adelanto en el tiempo. Ninguno de los tratamientos ha influido hasta el momento en el crecimiento vegetativo, cosecha, productividad ni tamaño del fruto.

**Palabras Clave:** pH, nivel foliar, nivel en raíces, crecimiento, cosecha.

### INTRODUCCIÓN

Se considera que niveles de Zn y B en hojas de primavera analizadas en otoño inferiores a 20 mg kg<sup>-1</sup> indican una deficiencia (Embleton y Jones, 1966; Lahav y Kadman, 1980). En Cu este nivel es de 5 mg.kg<sup>-1</sup>. Sin aportes en la fertilización es frecuente encontrar en España estos niveles (Jaime et al.1986). La deficiencia de Zn se ha intentado controlar por vía foliar y suelo. La vía foliar ha permitido elevar la concentración en hojas tratadas, pero la traslocación a otras partes de la

planta ha sido mínima (Crowley et al., 1996; Torres et al.; 2002). La corrección de la deficiencia de Zn en suelos ligeramente calizos se ha conseguido con aplicaciones masivas en la zona mojada ó en una amplia banda alrededor del microaspersor (Crowley et al., 1996).

El B se ha aplicado a hojas e inflorescencias en desarrollo (Lovatt, 1999; Robbertse et al. 1991; Coetzer et al., 1993; Torres et al., 2002). Aunque la absorción y la traslocación parecen algo más altas que en el caso del Zn, los efectos sobre la cosecha han sido poco consistentes. En dos ensayos de aplicaciones de B al suelo en Australia (Whiley et al., 1996) se aumentó el peso medio del fruto pero no la cosecha. En la República de Sudáfrica (Bard y Wolstenholme, 1998) las diferencias en cosecha eran del 10% y en peso medio del 4%. Cuando se encaló el suelo la absorción disminuyó muy significativamente.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El ensayo, con Hass sobre Topa-Topa de 17 años de edad, se inició en 1996. El suelo era pizarroso bien drenado, de pH neutro con menos del 0,5% de carbonato de calcio y magnesio, de 50 cm de profundidad sobre subsuelo de pizarra rota. Tenía más de un 50% de piedras (diámetro mayor de 2 mm). La composición del resto era: 56% de arena, 24% de limo y 20% de arcilla.

Los árboles, plantados a 7 x 8 m se regaban por microaspersión mojando el 40% de superficie. En verano mantenía la tensión matricial del suelo entre -5 y -20 kPa y en invierno entre -5 y -40 kPa. El agua de riego con pH = 8.59 y conductividad = 0.57 dS.m<sup>-1</sup>, contenía 284 mg.l<sup>-1</sup> de HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, 48 mg.l<sup>-1</sup> de Ca<sup>2+</sup> y 37 mg.l<sup>-1</sup> de Mg<sup>2+</sup>. El suelo se mantenía con yerba segada en la calle no regada. La zona regada se mantenía libre de yerbas con la aplicación a través del agua de riego de simazina y oxifluorfen, con frecuencia quincenal en verano y mensual en invierno. Las plantas perennes se controlaron hasta el año 2000 con glifosato. Desde entonces se segaron. Los macronutrientes en hoja se mantuvieron en 1.8-2 % (N), 0.10-0.12 (P) y 0.5-0.7 (K). Se previno la clorosis férrica con quelatos Fe-EDDHA. No se aplicaron tratamientos foliares.

El experimento tuvo dos partes (tabla 1): 1996-1998.- B, Cu y Zn se aplicaron continuamente a través del agua de riego, con o sin regulación a pH 6.5 con HNO<sub>3</sub>. 1999-2001.- Se continuó aplicando B a través del agua de riego con o sin HNO<sub>3</sub>. Cu y Zn se aplicaron al suelo a mano, una vez al año, en un diámetro de 60 cm alrededor del microaspersor. En los tratamientos con ácido el suelo se acidificó aplicando S en la misma área. Los árboles testigo no recibían B, Cu ni Zn. De ellos unos recibían HNO<sub>3</sub> en el agua de riego (T + HNO<sub>3</sub>) y otros no (T). El diseño era en bloques al azar con 4 repeticiones y 4 árboles por repetición.

Para conocer el estado nutritivo de la parte aérea en otoño se analizaron macro y microelementos en hojas de los crecimientos de primavera y verano. Los macroelementos se determinaron previa digestión con H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado. Los microelementos previa incineración en horno de mufla en crisol de cuarzo (Lachica, 1976; Métodos Oficiales de Análisis, 1994).

Para determinar la composición del sistema radicular en abril, durante la floración, se muestrearon anualmente raíces de 4-7 mm de diámetro en el horizonte superficial (0-5 cm) dentro de un círculo de 60 cm de diámetro. La epidermis se eliminaba con estropajo de acero inoxidable, se lavaban con agua destilada y secaban en estufa a 65-70 °C.

Cu y Zn en suelo se analizaron en julio de 2000 y 2001, así como en agosto de 2002. Las muestras se tomaron dentro de un círculo a 25 cm del aspersor y a 0-5, 5-10, 10-25 y 25-50 centímetros de profundidad. En 2000 y 2001 se analizaron muestras conjuntas de las 4 repeticiones, incluyendo piedras de menos de 8 mm. En 2002 los análisis se realizaron por parcela elemental, eliminando las piedras ( $\phi > 2$  mm). Se analizaron según Anón. (1994) en un extracto 1:2.5 (suelo:agua).

En mayo de 2002, cerca del final del período de recolección, se estudió la incidencia del ataque de hongos en la epidermis del fruto, fundamentalmente *Colletotrichum gloeosporoides*, tras ablandamiento a temperatura ambiente (24-25°C). Se estudiaron 60 frutos por parcela elemental de 4 árboles. Tres de ellos tenían solamente 36-40 frutos.

## RESULTADOS

### Contenidos de micronutrientes en raíces y hojas

**Boro.** La acidificación a pH 6.5 del agua de riego disminuyó, pero no significativamente, el contenido en hoja. Al aumentar o disminuir las dosis aplicadas los contenidos en raíz y hojas respondían generalmente con un año de retraso. Los niveles foliares de B subieron marcadamente a partir del tercer año de aplicaciones en hojas de primavera y del cuarto año en hojas de verano (tabla 2). Los aumentos fueron significativos en hojas de primavera, así como en médula y córtex de las raíces superficiales. En los últimos años las concentraciones en hojas de otoño eran más elevadas que en las de primavera.

**Zinc.** En la primera parte del ensayo (1996-1998), la acidificación del agua de riego a pH 6.5 durante tres años no afectó significativamente el contenido de Zn en hojas y raíces (tabla 3). En la segunda parte del ensayo (1999-2001), la aplicación localizada de Zn al suelo cerca del microaspersor aumentó desde el primer año su contenido en hojas de primavera y verano así como en el córtex de la raíz. No se observaron diferencias entre hojas de primavera y verano, ni tampoco en los contenidos en médula de árboles abonados o no. La ausencia de abonado en 2001 provocó un descenso marcado en el contenido de las hojas de primavera pero no en las de verano ni en el córtex.

**Podrido de fruto.** Las observaciones preliminares realizadas en 2002 mostraron diferencias significativas en podrido de fruto por *Colletotrichum gloeosporoides* entre tratamientos y zonas de la parcela experimental. La infección no estaba correlacionada con el contenido de B, Cu y Zn en hoja. La acidificación del suelo con azufre parecía potenciar la infección (datos no presentados).

**Análisis de suelo.** Los tratamientos B y B+HNO<sub>3</sub> tenían contenidos de Cu y Zn en suelos similares a T y T+HNO<sub>3</sub>. La aplicación continua de HNO<sub>3</sub> hasta pH 6.5 en el agua de riego, no afectó al contenido en Ca soluble ni a la conductividad en el extracto 1:2.5. Tampoco afectó al nivel de carbonatos en suelo. En cambio, la aplicación de S al suelo eliminó casi totalmente los carbonatos (desde 0.21% hasta 0.06%), disminuyó el pH desde 7-7.5 a 4-5 en el horizonte superficial de 25 cm, aumentando espectacularmente el contenido de Ca soluble (de 20 a 80 mg.kg<sup>-1</sup>) y la conductividad eléctrica (de 0.23 a 0.70 dS.m<sup>-1</sup>).

**Crecimiento vegetativo y cosecha.** No se observan diferencias entre tratamientos.

## DISCUSIÓN

Ninguno de los tratamientos aplicados aumentó significativamente el contenido de Cu, por lo que no es posible saber si el nivel aquí observado (4-6 mg.kg<sup>-1</sup>) es o no deficiente. Torres et al. (2002) aumentaron mediante tratamientos foliares los niveles de Cu en panículas florales y brotes nuevos hasta 13 y 10 mg.kg<sup>-1</sup> (9 y 7 mg.kg<sup>-1</sup> en testigo), respectivamente, sin obtener mejoras en crecimiento ni cosecha.

Los aumentos de contenido de Zn en hoja en este experimento eran similares a los obtenidos por Crowley et al. (1996) con aplicaciones aproximadamente 7 veces mayores a una mayor área de

suelo. Parece que reduciendo la zona fertilizada se mejora la absorción, quizás por saturación del complejo absorbente.

El aumento del contenido de Zn en raíz y hoja en los dos últimos años de este ensayo no ha afectado al crecimiento vegetativo, cosecha ni tamaño del fruto. Ello parece indicar que el nivel básico (20 mg. kg<sup>-1</sup> en hoja) es suficiente en las condiciones de este experimento. Ello coincide con las observaciones de Kadman y Lahav (1978), que no observaron diferencias en cosecha a largo plazo dentro del rango 30-40 mg.kg<sup>-1</sup>. Se pretende, sin embargo, continuar este experimento para comprobar el efecto a largo plazo de concentraciones en el rango 40-60 mg.kg<sup>-1</sup> en comparación con 20 mg.kg<sup>-1</sup> en el testigo.

La aplicación de B en el agua de riego parece un método adecuado de aplicación, permitiendo un incremento lento pero consistente del nivel en árbol. La acidificación del agua de riego a pH 6.5 disminuyó ligeramente el contenido en planta. Incluso tras varios años con diferencias notables de contenido en hojas (tabla 2) no se observaron diferencias en crecimiento, cosecha o tamaño de fruto entre árboles fertilizados ó no con B. Ello contrasta con los trabajos antes mencionados realizados en Australia (Whiley et al., 1996) y Sudáfrica (Bard y Wolstenholme, 1998 ). En los tres ensayos los suelos eran fuertemente ácidos, mientras que en éste era básico, con altos contenidos de Ca. Conocidas las interacciones entre estos dos elementos a nivel de pared celular no es extraña la diferencia de resultados. En un ensayo en maceta, Coetzer et al.(1994) mencionan el peligro de excesivas concentraciones de B en raíces de aguacate con pobre traslocación a la parte aérea tras la fertilización.

En este trabajo el problema no se presentó debido, probablemente, a la aplicación continua a lo largo de todo el período de riego. La acidificación del suelo en una pequeña zona alrededor del aspersor con azufre es económica y ha mejorado claramente la absorción de Zn. Deberán, sin embargo, continuarse estos estudios puesto que se observaron algunos daños en la epidermis de las raíces superficiales (0-5 cm de profundidad) posiblemente debido al efecto directo del H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> que se forma por la acción microbiana sobre el azufre.

## BIBLIOGRAFÍA

BARD ZJ, WOLSTENHOLME BN 1998. Soil Boron Application for Control of Boron Deficiency in the Avocado in the KwaZulu-Natal Midlands. South African Avocado Growers' Association Yearbook 21:22-25.

COETZER LA, ROBBERTSE PJ, JANSE VAN VUUREN BPH 1993. The role of Boron in Avocados: Theory, Practice and Reality. South African Avocado Growers' Association Yearbook 16:2-4.

CROWLEY DE, SMITH W, FABER B, MANTHEY JA 1996. Zinc fertilization of avocado trees. Hort. Science, 31 (2):224-229.

EMBLETON TW, JONES MW 1966. Avocado and mango nutrition. In: Temperate to Tropical Fruit Nutrition. Edit. Norman F. Childers. Somerset Press. Inc. Somerville. The State University. New Jersey. 51-57.

JAIME S, FARRÉ JM , AGUILAR A 1986. Composición mineral de las hojas de aguacate (*Persea americana* Mill.) en plantaciones comerciales de la provincia de Málaga (España). II Microelementos. Anal. Edaf. y Agrobiol. XLV (3-4):521-529.

KADMAN A, COHEN A 1977. Experiments with zinc applications to avocado trees. Yb. Calif. Avoc. Soc. 61: 81-85.

LACHICA M, AGUILAR A, YÁÑEZ J 1973. Análisis foliar. Métodos utilizados en la Estación Experimental del Zaidín. (II) Anal. Edaf. y Agrobiol. XXXII, Nº 11-12:1033-1047.

LAHAV E, KADMAN A 1980. Avocado Fertilization. Bern (Switzerland) International Potash Institute. Bulletin No.6. pp 23.

LOVATT CJ 1999. Timing citrus and avocado foliar nutrient applications to increase fruit set and size. Hort. Technology 9 (4):607-612.

MÉTODOS OFICIALES DE ANÁLISIS. 1994. Tomo III. Madrid Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. pp 662.

ROBBERTSE PJ, COETZER A, BESSINGER F 1991. The influence of Solubor leaf spray on fruit production in avocado. South African Avocado Growers' Association Yearbook 14: 83-84.

TORRES MD, FARRÉ JM, HERMOSO JM 2002. Foliar B, Cu and Zn applications to Hass avocado trees. Penetration, translocation and effects on tree growth and cropping. Proceedings of the Int. Sym. on Foliar Nutrition of Perennial Fruit Plants. Acta Horticulturae 594:105-109.

WHILEY AW, SMITH TE, SARANAH JB 1996. Boron Nutrition of Avocados. Talking Avocados. 7(2):12-15.

## TABLAS

Tabla 1. B, Zn y Cu aplicados (kg.ha<sup>-1</sup>)

MÉTODO DE APLICACIÓN	TRATAMIENTOS							
	Año	B <sup>(1)</sup>	B <sup>(1)</sup> +HNO <sub>3</sub> <sup>(2)</sup>	Cu <sup>(3)</sup>	Cu <sup>(3)</sup> +HNO <sub>3</sub> <sup>(2)</sup>	Zn <sup>(5)</sup>	Zn <sup>(5)</sup> +HNO <sub>3</sub> <sup>(2)</sup>	Testigo+HNO <sub>3</sub> <sup>(2)</sup>
EN RIEGO	1996	2,05	2,05 + 901	1,00	1,00 + 901	11,69	11,69 + 901	901
	1997	5,22	5,22 + 767	2,54	2,54 + 767	27,78	27,78 + 767	767
	1998	5,64	5,64 + 810	2,72	2,72 + 819	31,52	31,52 + 810	810
	1999	6,91	6,91 + 991					991
	2000	4,08	4,08 + 586					586
	2001	2,90	2,90 + 765					765
AL SUELO	Año			Cu <sup>(6)</sup>	Cu <sup>(6)</sup> + S <sup>(4)</sup>	Zn <sup>(7)</sup>	Zn <sup>(7)</sup> + S <sup>(4)</sup>	
	1999			22,25	22,25 + 175	39,16	39,16 + 175	
	2000			22,25	22,25 + 175	39,16	39,16 + 175	
	2001			22,25	22,25 + 175	-	- + 175	

(1) : B puro aplicado continuamente en el agua de riego: en 1996 como Solubor. (Borax Europe Ltd. RU. Boratos sódicos, 20.8% de B). Desde 1997 a 2001 como Solubor DF. (Borax Europe Ltd. RU. Mezcla de H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> , Na<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub> .5H<sub>2</sub>O y Na<sub>2</sub>B<sub>10</sub>O<sub>16</sub>.10H<sub>2</sub>O, 17.5% de B).

(2) : HNO<sub>3</sub> comercial aplicado continuamente en el agua de riego. (PQS. 56% HNO<sub>3</sub>).

(3) y (6) : Cu puro aplicado continuamente en el agua de riego (3) ó al suelo (6) como CuSO<sub>4</sub>. (Industrias Químicas del Valés. 25% de Cu).

(4) : S comercial aplicado al suelo como Cepsul. (Cepsa. Azufre micronizado 98,5% S).

(5) y (7): Zn puro aplicado continuamente en el agua de riego (5) como ZnSO<sub>4</sub> .H<sub>2</sub>O. (Inquisa. 35% de Zn) ó al suelo (7) como ZnSO<sub>4</sub> .7H<sub>2</sub>O. (Liuzhou Wenda Metal & Chemicals Factory. 22% de Zn).

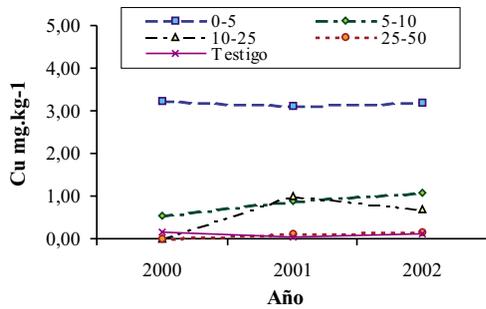
**Tabla 2.** Contenido en B de hojas y raíces (mg.kg<sup>-1</sup>)

MÉTODO DE APLICACIÓN	Año	HOJA						RAÍZ					
		CRECIMIENTO DE PRIMAVERA			CRECIMIENTO DE VERANO			CORTEX			MÉDULA		
		T	B	B+HNO <sub>3</sub>	T	B	B+HNO <sub>3</sub>	T	B	B+HNO <sub>3</sub>	T	B	B+HNO <sub>3</sub>
EN RIEGO	1996	18	19	17	16	16	17	13	16	16	8	9	9
	1997	19	20	18	16	22	22	15	29	26	7	14	14
	1998	26	44	40	25	29	24	13	27	28	7	18	18
	1999	20	38	30	22	37	30	13	31	29	5	17	15
	2000	24	57	54	33	84	70	13	35	33	7	21	19
	2001	24	49	44	23	60	52						

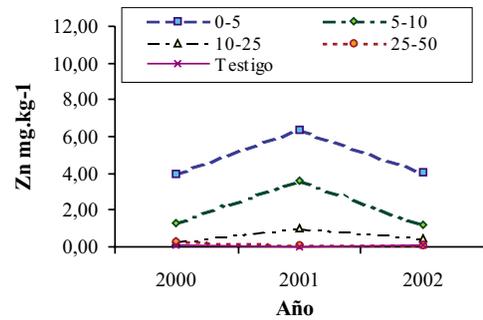
**Tabla 3.** Contenido en Zn de hojas y raíces (mg.kg<sup>-1</sup>)

MÉTODO DE APLICACIÓN	Año	HOJA						RAÍZ						
		CRECIMIENTO DE PRIMAVERA			CRECIMIENTO DE VERANO			CORTEX			MÉDULA			
		T	Zn	Zn+HNO <sub>3</sub>	T	Zn	Zn+HNO <sub>3</sub>	T	Zn	Zn+HNO <sub>3</sub>	T	Zn	Zn+HNO <sub>3</sub>	
EN RIEGO	1996	17	17	17	19	21	21	16	18	19	4	5	9	
	1997	20	23	20	27	28	26	38	49	45	10	11	9	
	1998	22	28	26	34	30	25							
AL SUELO		<b>Año</b>	<b>T</b>	<b>Zn</b>	<b>Zn+S</b>	<b>T</b>	<b>Zn</b>	<b>Zn+S</b>	<b>T</b>	<b>Zn</b>	<b>Zn+S</b>	<b>T</b>	<b>Zn</b>	<b>Zn+S</b>
	1999	22	36	42	29	48	51	21	28	22	5	6	5	
	2000	20	64	93	27	39	64	26	36	50	4	6	8	
	2001	20	45	53	26	50	66	15	38	40	4	5	6	

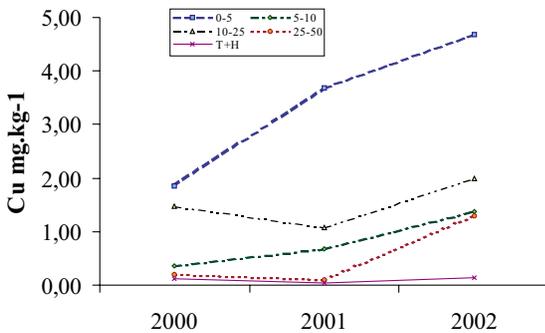
**FIGURAS**



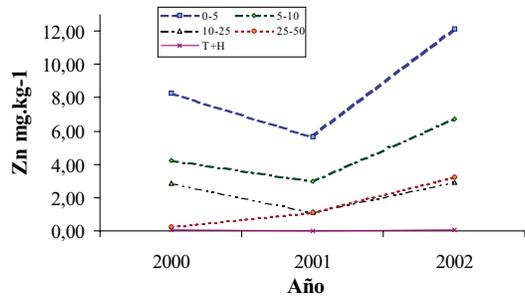
**Figura 1.** Análisis de Cu en perfil de suelo. Extracto 1:2.5. Tratamiento Cu y testigo.



**Figura 2.** Análisis de Zn en perfil de suelo. Extracto 1:2.5. Tratamiento Zn y testigo.



**Figura 3.** Análisis de Cu en perfil de suelo. Extracto 1:2.5. Tratamiento Cu + S y testigo + H.



**Figura 4.** Análisis de Zn en perfil de suelo. Extracto 1:2.5. Tratamiento Zn + S y testigo + H.