

NUTRICIÓN DE B, Zn Y Cu DEL AGUACATE HASS. INFLUENCIA EN COSECHA

J. M. Hermoso¹, M. D. Torres² y J. M. Farré²

¹ Estación Exp. La Mayora, C. S. I. C. 29750 Algarrobo-Costa. Málaga. España.
Correo electrónico: jmhermoso@eelm.csic.es

² IFAPA de Málaga. Cortijo de la Cruz, 29140 Churriana. Málaga. España.

En el período 1996-98 se establecieron diferentes niveles foliares de B y Zn en un ensayo con árboles adultos de Hass/Topa-Topa. El B se aplicaba con el agua de riego. Zn y Cu a mano cerca del microaspersor. En la mitad de los tratamientos B, Cu y Zn se aplicaron en medio ácido. Los análisis de hojas y raíces han sido ya parcialmente publicados (Torres *et al.* 2003). Los árboles no fertilizados tenían niveles de B y Zn en hojas de primavera analizadas en otoño por debajo de 25 ppm. En los fertilizados los niveles superaban los 30 ppm. Los niveles foliares de Cu estaban en el rango 5 -10 ppm en árboles fertilizados o no fertilizados.

En las cosechas de los dos bienios 1999-2000 y 2001-2002 las diferencias entre tratamientos no fueron consistentes en número de frutos por árbol, cosecha en kg. por árbol, cosecha potencial (incluyendo los frutos caídos) o productividad (cosecha por cm² de área de tronco). Sólo la aplicación de B sin acidificar el medio mostró un aumento significativo en peso medio del fruto (14,8 %) en el primer bienio (1999-2000). El aumento fue menor (5,3 %) y no significativo, en el segundo (2001-2002). Debe tenerse en cuenta que en 1999-2000 su productividad fue un 11,3 % inferior al testigo y en 2001-2002 un 14,4 % superior. Puede concluirse que, en las condiciones del experimento, los niveles de Zn en hoja entre 20 ppm y 35 ppm no afectaron al crecimiento y la productividad. El B deberá seguir estudiándose para confirmar sus efectos positivos.

Palabras clave: Análisis foliar. Crecimiento. Producción. Tamaño del fruto.

B, Zn AND Cu NUTRITION IN HASS AVOCADO, AND ITS EFFECTS ON CROPPING

J. M. Hermoso¹, M. D. Torres² and J. M. Farré²

¹ Estación Exp. La Mayora, C. S. I. C. 29750 Algarrobo-Costa, Málaga, España.
E-mail: jmhermoso@eelm.csic.es

² IFAPA de Málaga. Cortijo de la Cruz 29140 Churriana, Málaga, España.

A trial on adult Hass/Topa Topa avocado was carried out in 1996-98; different B and Zn levels on leaves were established. B was applied with irrigation water and Zn and Cu by hand near the microsprinkler. In half of the treatments, B, Cu and Zn were applied in an acid medium. Leaf and root analysis have been partially published (Torres *et al.* 2003). The unfertilised trees had B and Zn contents below 25 ppm in spring grown leaves, which were sampled in autumn.

Contents were above 30 ppm in fertilised trees. Cu contents were in the range of 5-10 ppm in fertilised and unfertilised trees. In the 1999-2000 and 2001-2002 crops, differences between treatments were not consistent in number of fruits per tree, yield in kg per tree, potential yield (including fallen fruits) or tree efficiency (yield per cm² of trunk cross sectional area). Only B without acidification significantly increased mean fruit weight (14, 8 %) in 1999-2000. The increase was slight (5.3 %) and not significant in 2001-2002. B tree efficiency was 11.3 % under control in 1999-2000 and 14.4 % above in 2001-2002.

It can be concluded that, under experimental conditions, leaf Zn contents between 20 and 35 ppm have no effect on growth and tree efficiency. B will have to be further studied to confirm its positive effects.

Key Words: Leaf analysis. Growth. Yield. Fruit size.

INTRODUCCIÓN

En el periodo 1996 – 98 se estableció un ensayo de B, Zn ó Cu en una plantación adulta de Hass sobre Topa Topa regada por microaspersión. Los nutrientes se aplicaban con el riego, solos o acidificando el agua a pH 6,5 con HNO₃ (BH, ZnH, CuH). Visto el pequeño aumento del contenido foliar de Zn y el nulo de Cu, a partir de 1999 ambos elementos se aplicaron a mano al suelo en un diámetro de 60 cm alrededor del aspersor, con o sin la adición de S como acidificante. Se incluyó un tratamiento testigo (T) con agua sola y un TH con agua acidificada con HNO₃. Los detalles del material y métodos utilizados así como los análisis de hojas y raíces han sido ya publicados (Torres et al, 2003). Se incluyen en este trabajo los análisis de Cu en raíces. En el periodo aquí analizado 1998 – 2001, correspondiente a las cosechas de 1999 a 2002, los árboles no fertilizados tenían, en hojas de primavera analizadas en otoño, los siguientes niveles: B entre 20 y 26 ppm y Zn entre 20 y 22 ppm. En los fertilizados los niveles de Zn estaban entre 28 y 64 ppm y los de B entre 38 y 57 ppm. Cuando se aplicaban en medio ácido los niveles de Zn subían y los de B bajaban ligeramente. El contenido de Cu en hojas se mantuvo en el rango 5-10 ppm en árboles fertilizados o no. N, P y K se mantuvieron dentro de los rangos recomendados. Lahav y Whiley (2002) revisaron la literatura sobre microelementos en aguacate. Lamentablemente en ninguno de los ensayos con aguacates adultos se han comparado durante varios años niveles semejantes a los aquí estudiados. Bard y Wolstenholme (1998) reportaron un estudio similar con una sola cosecha registrada y un aumento del 10 % en producción y 4 % en peso del fruto con la aplicación de B. En otro estudio de una sola cosecha (Smith et al. 1995) se obtuvieron aumentos de peso del fruto de 11 % - 15 % sin aumento de producción.

La deficiencia marcada de Cu es infrecuente excepto en suelos húmidos (Demolon, 1966). Sin embargo se han observado reducciones significativas en cereales con deficiencias subclínicas (sin síntomas visibles) pero que afectan a la formación del polen (Alloway et al 1986). También el Zn se ha demostrado que participa en el aumento del número de frutos en pomelo (Swietlik, 1996). Jaganah y Lovatt (1955) discutieron la literatura en aguacate y otras especies frutales así como su propio trabajo concluyendo que en árboles con bajo nivel de B la aplicación foliar podía aumentar la cosecha. Sin embargo cuando el nivel era adecuado las cosechas no aumentaban y podían incluso disminuir.

Whiley et al (1996) mostraron que, con deficiencia de B, el ángulo del pedúnculo con el eje transversal del fruto era menor, llegando en casos extremos a cero grados. La incidencia de hongos de fruto (*Colletotrichum gloeosporoides* principalmente) se reduce habitualmente con frecuentes aplicaciones de compuestos de Cu a hoja y frutos. Sin embargo el método ha sido cuestionado en Australia por su negativo efecto sobre los microorganismos del filoplano (Stirling et al 1999). Se discuten aquí los efectos de la aplicación de Cu, B y Zn en las características del fruto maduro, incluido el ataque de hongos. Tras la cosecha de 2000 se aplicó una poda de formación en seto. Esto redujo las cosechas en el bienio 2001 – 2002 respecto al 1999 – 2000.

MATERIAL Y METODOS

El diseño era en bloques al azar con 4 repeticiones y 4 árboles por parcela elemental. El perímetro de tronco se midió cada invierno a 50 cm de altura. La productividad se calculó por área de sección horizontal del tronco, como estimador del volumen de copa, La cosecha potencial incluía los frutos caídos cerca o durante el periodo de cosecha. La alternancia era similar en todos los tratamientos. Para integrarla a nivel árbol los resultados se procesaron en periodos de dos años. Para caracterizar la forma de los frutos, en mayo de 2002, cerca del final del periodo de recogida, se estudiaron 7 – 8 frutos por árbol (120 frutos por tratamiento). Se registraron la longitud y anchura máximas así como el ángulo del pedúnculo y la base de la semilla con el eje transversal. De la misma muestra se conservaron 15 frutos por árbol durante una semana a 4,5° C dejándose madurar posteriormente a temperatura y humedad ambiente (20 – 23° C). Se estudiaron en los frutos blandos el número de días entre recogida y ablandamiento, los porcentajes de zonas negras de la pulpa en contacto con la semilla, de semillas germinadas, de frutos sin manchas de hongos y de frutos totalmente podridos. Excluyendo los frutos totalmente podridos se contabilizaron el número de manchas por fruto, el porcentaje de frutos podridos por pedúnculo y la profundidad de este ataque. Los resultados se procesaron con el programa Statgraphics plus 5.1.

RESULTADOS

Cu en raíces

En la Tabla 1 se muestra la evolución del contenido medio de Cu en el cortex y la médula de las raíces en el periodo 1999-2002.

Cosecha y crecimiento vegetativo

En el bienio 1999 – 2000 no se observaron diferencias significativas entre tratamientos en cosecha neta y productividad, con la excepción del Cu + ácido (CuH) que tenía valores inferiores al testigo (Tabla 2). El peso medio del fruto de B y B + ácido (BH) era significativamente superior al testigo (T) aunque B tenía ligeramente menor productividad. En el bienio 2001 – 2002 (Tabla 3), Cu y Zn tuvieron significativamente mayor número de frutos, cosecha neta, cosecha potencial y productividad que el testigo (T). Sin embargo sus frutos eran menores que los testigo (T), significativamente en el caso del Cu. BH mostró significativamente menor productividad que el testigo (T) sin un aumento significativo del tamaño del fruto. El incremento del área de tronco fue similar en todos los tratamientos. Solo Cu tuvo en 2001 – 2002 significativamente mayor aumento de sección de tronco que el testigo y ello a pesar de tener mayor número de frutos y productividad.

Forma del fruto y ángulo del pedúnculo

Los frutos se agruparon según el ángulo del pedúnculo con su eje transversal. No se observaron diferencias significativas en los rangos. 15° - 30°, 30° - 45°, 45° - 60° y 75° - 90°. Significativamente mayores porcentajes entre 60° y 75° se registraron en B y BH (Tabla 4). Con Cu los frutos tenían menor longitud y menor relación longitud/anchura por lo que su forma era más redondeada. No se observaron diferencias en el ángulo formado entre la base de la semilla y su eje transversal. Cu, Cu ácido (CuH) y B ácido (BH) tardaron significativamente más en ablandar que el testigo (T) (Tabla 5). El porcentaje de pulpa negra alrededor de la semilla era significativamente mayor con Cu ácido (CuH) y B.

El porcentaje de semillas iniciando la germinación era mayor en los frutos testigo (T) mostrando una maduración mas avanzada . Zn, ZnH y especialmente Cu tenían significativamente mayores porcentajes de frutos totalmente sanos y menores de totalmente podridos o con manchas de más de 1 cm que el testigo (T). No se observaron diferencias entre tratamientos en podrido por pedúnculo.

Tabla 1 Contenidos de Cu en raíz (ppm)
Root copper contents (ppm)

Tratamiento	1999-00		2001-02	
	Médula	Cortex	Médula	Cortex
Cu	4,8	5,6	3,3	6,9
CuH	5,3	6,5	4,0	5,9
T	5,0	5,3	3,0	5,3
TH	4,6	4,8	3,3	4,5

Tabla 2. Media de cosechas 1999 – 2000
Mean yields 1999 – 2000

	Nº frutos árbol ⁻¹	Peso g.fruto ⁻¹	Cosecha neta kg.árbol ⁻¹	Cosecha potencial kg.árbol ⁻¹	Productividad g.cm ⁻²	1998-2000 Incremento área de tronco %
T	287.4 <i>c</i>	230 <i>a</i>	64.0 <i>bc</i>	67.6 <i>bc</i>	82.4 <i>abc</i>	14.4 <i>ab</i>
TH	241.8 <i>abc</i>	238 <i>ab</i>	53.7 <i>ab</i>	58.5 <i>ab</i>	87.9 <i>bc</i>	14.2 <i>ab</i>
B	201.2 <i>ab</i>	264 <i>c</i>	51.2 <i>ab</i>	55.8 <i>ab</i>	72.8 <i>ab</i>	14.2 <i>ab</i>
BH	310.8 <i>c</i>	249 <i>bc</i>	75.2 <i>c</i>	79.3 <i>c</i>	101.8 <i>c</i>	14.2 <i>ab</i>
Zn	256.6 <i>abc</i>	244 <i>ab</i>	57.8 <i>abc</i>	64.2 <i>abc</i>	87.4 <i>bc</i>	13.0 <i>a</i>
ZnH	281.4 <i>bc</i>	234 <i>ab</i>	62.5 <i>bc</i>	69.7 <i>bc</i>	90.8 <i>bc</i>	13.9 <i>ab</i>
Cu	259.5 <i>abc</i>	241 <i>ab</i>	58.1 <i>abc</i>	61.9 <i>a</i>	92.6 <i>bc</i>	14.6 <i>ab</i>
CuH	192.5 <i>a</i>	246 <i>ab</i>	42.9 <i>a</i>	48.0 <i>a</i>	58.3 <i>a</i>	15.2 <i>b</i>

Letras distintas dentro de la misma columna indican diferencias significativas al 95%

Tabla 3. Media de cosechas 2001 – 2002
Mean yields 2001 – 2002

	Nº frutos árbol ⁻¹	Peso g.fruto ⁻¹	Cosecha neta kg.árbol ⁻¹	Cosecha potencial kg.árbol ⁻¹	Productividad g.cm ⁻²	1998-2000 Incremento área de tronco %
T	102.3 <i>ab</i>	262 <i>b</i>	29.2 <i>ab</i>	27.1 <i>ab</i>	33.2 <i>a</i>	16.0 <i>a</i>
TH	128.1 <i>abc</i>	267 <i>b</i>	34.4 <i>abc</i>	32.2 <i>abc</i>	48.2 <i>ab</i>	17.8 <i>a</i>
B	157.6 <i>abcc</i>	275 <i>b</i>	44.0 <i>bcd</i>	42.4 <i>bcd</i>	47.8 <i>ab</i>	18.2 <i>a</i>
BH	85.8 <i>a</i>	271 <i>b</i>	24.4 <i>a</i>	22.2 <i>a</i>	29.4 <i>a</i>	16.9 <i>a</i>
Zn	183.7 <i>cd</i>	257 <i>ab</i>	47.4 <i>cd</i>	44.1 <i>cd</i>	56.3 <i>b</i>	18.4 <i>ab</i>
ZnH	160.4 <i>bcd</i>	256 <i>ab</i>	39.3 <i>abcd</i>	36.9 <i>abcd</i>	47.6 <i>ab</i>	15.0 <i>a</i>
Cu	221.7 <i>cd</i>	237 <i>a</i>	53.8 <i>d</i>	51.7 <i>d</i>	67.7 <i>b</i>	21.4 <i>b</i>
CuH	164.3 <i>bcd</i>	260 <i>b</i>	41.0 <i>bcd</i>	38.6 <i>bcd</i>	45.9 <i>ab</i>	16.5 <i>a</i>

Letras distintas dentro de la misma columna indican diferencias significativas al 95%

Tabla 4. Forma del fruto y ángulo del pedúnculo
Fruit shape and stem angle

Tratamiento	Frutos con pedúnculo 60° - 75° %		Relación longitud. Anchura ⁻¹		Longitud mm	
	T	18.3	ab	1.46	bc	104
TH	13.1	a	1.45	bc	102	bc
B	26.7	b	1.45	ab	104	bc
BH	26.8	b	1.46	bc	102	bc
Zn	15.0	a	1.46	bc	103	bc
ZnH	19.0	ab	1.48	c	102	bc
Cu	20.0	ab	1.42	a	98	a
CuH	21.9	ab	1.46	bc	102	b

Letras distintas dentro de la misma columna indican diferencias significativas al 95%

Tabla 5. Estudio en poscosecha
Postharvest study

	Días hasta ablandamiento		% Frutos				Nº de manchas de hongos por fruto (2)
			Zonas (negras en pulpa) (1)	Semilla germinada	Totalmente sanos	Totalmente podridos	
T	16.8	a	0.28 a	28 d	29 ab	33 c	2.26 de
TH	17.3	bc	0.79 a	15 ab	45 c	14 a	1.54 abc
B	17.3	abc	2.40 bc	21 bcd	37 bc	15 a	2.20 de
BH	18.1	d	0.80 ab	15 ab	38 bc	23 b	1.92 cd
Zn	17.3	abc	1.20 ab	11 a	45 c	11 a	1.45 ab
ZnH	16.9	ab	0.53 ab	20 bc	39 c	26 b	1.94 bcd
Cu	17.7	cd	0.61 a	9 a	58 d	10 a	1.19 a
CuH	18.8	c	2.30 bc	23 cd	24 a	37 c	2.60 e

- (1) Porcentaje de pulpa oscura alrededor de la semilla
- (2) Manchas de diámetro superior a 1 cm. Excluyendo los frutos totalmente podridos.

Letras distintas dentro de la misma columna indican diferencias significativas al 95%

DISCUSIÓN

El contenido de Cu aumentó grandemente en el cortex de la raíz pero no en la médula ni en las hojas. Dada la poca translocación del Cu a la hoja quizás deba contemplarse en el futuro el análisis de raíz como diagnóstico del estado nutricional del árbol. La menor productividad media en los 4 años se obtuvo con Cu + ácido y la mayor con Cu siendo la diferencia significativa. Podría especularse que la acidificación al aumentar el Cu soluble en suelo y en raíz pudo producir un efecto tóxico. Con la aplicación de S al suelo entre 1998 y 2001 en los tratamientos ZnH y CuH, el pH del suelo descendió fuertemente, de 7.2 a 4.3, y el contenido de carbonatos de 0.16 a 0.06 por ciento en el perfil de 0 – 50 cm de profundidad. Paralelamente aumentó claramente la conductividad eléctrica en el extracto 1:2.5 pero solo en los 5 cm superficiales (datos no presentados). En crecimiento y producción, además de la diferencia entre Cu y CuH mencionada, solo se observaron los mayores tamaños del fruto de B (269 g) y BH (260 g) respecto a 246 g en Testigo (T). Las productividades medias de B (60 g.cm^{-2}), BH (65 g.cm^{-2}) y Testigo (T) (59 g.cm^{-2}) eran semejantes. Zn y ZnH tuvieron, en los 4 años, cosechas y productividades semejantes entre ellos, algo superiores, aunque no significativamente, al Testigo (T). No se han alcanzado por tanto niveles tóxicos en raíz en Cu, Zn, ZnH, B ni BH.

El Cu y en menor medida el Zn disminuyeron significativamente el ataque de hongos de fruto. El Cu es el fungicida más utilizado en pulverizaciones aéreas preventivas. El presente trabajo indica que el Cu caído al suelo puede tener también efectos en el árbol y el fruto tras la absorción radicular, incluso sin aumentar significativamente el contenido de Cu en hoja.

La ausencia de síntomas visibles de deficiencia en hojas y el solo ligero efecto de B y Zn en la forma del fruto indican que entre 20 y 25 ppm las deficiencias son subclínicas. En el futuro convendría estudiar la aplicación conjunto de varios de estos elementos que podrían mostrar efectos aditivos ó sinérgicos en el crecimiento, la cosecha y la calidad del fruto.

LITERATURA CITADA

- Alloway B.J., Jewell A.W. and Murray B.G. 1986. Effects of subclinical copper deficiency on pollen development and yield in cereals. In.P.Morard.Proc.2nd International Symposium on the role of micronutrients in agriculture. Toulouse 1986. Cedipa Editions. Toulouse. France: 31-40
- Bard Z.J and Wolstenholme B.N. 1998. Soil boron application for control of Boron deficiency in the avocado in the Kwazulu-Natal midlands. South African Avocado Growers' Association. 21:22-25
- Demolon A. 1966 Principios de agronomía. 2. Crecimiento de los vegetales cultivados. Ediciones Omega S.A. Barcelona
- Jaganah I. and Lovatt C.J. 1995. Efficacy studies on prebloom canopy applications of boron and/or urea to "Hass" avocados in California. Proc. 3rd World Avocado Congress 1:181-184.
- Lahav E. and Whiley A.W. 2002 Irrigation and mineral nutrition. En: A.W.Whiley, B. Schaffer and B.N. Wolstenholme. (Eds): The Avocado.Botany, production and uses. CABI Publishing. N.Y.: 259-297.
- Smith T.E., Stephenson R.A., Asher C.J. and Hetherington S.E. 1995. Boron nutrition of avocados. Effects on fruit size and diagnosis of boron status. Austr.Avo.Frs.Conf.95. Freemantle Australia pp 159-165
- Stirling A.M., Pegg K.G., Hayward A.C. and Stirling G.R. 1999. Effect of copper fungicide on *Colletotrichum gloeosporoides* and other micro organisms on avocado leaves and fruit. Aust.J.Agric.Res.50: 1459-68.
- Swietlik D. (1996). Responses of citrus trees in Texas to foliar and soil Zn applications. Proc.Int.Soc.Citriculture. VIII Int. Citrus Congress. Sun City. South Africa. 2: 772-776
- Torres M.D., Hermoso J.M. y Farré J.M. 2003. Nutrición B, Zn y Cu del aguacate. Comparación de métodos de fertilización. Actas V Congreso Mundial del Aguacate. Granada-Málaga. Vol I: 381-386. Junta de Andalucía.
- Whiley A.W., Smith T.E., Wolstenholme B.N. and Saranah J.B. 1996. Boron nutrition of avocados. South African Avocado Growers' Association Yearbook 19: 1-7