

# Uso del boro a través de la fertirrigación en parrones de uva de mesa regados por riego por goteo



**Universidad de Chile**  
Facultad de Ciencias Agronómicas

**Callejas Rodrigo. Ing. Agr. Dr. sc. agr.**  
**Desmartis Daniel. Ing. Agr.**

En la década del 2000, dos situaciones observadas en parrones de uva de mesa de la zona central de Chile motivó una preocupación especial por la fertilización con boro. Primero, en un gran número de parronales de la RM se pudo detectar bajos niveles de este elemento en el agua de riego y en el suelo. A esto se sumó, en algunos parrones de la variedad Sultanina, fisuras de diferentes características y en algunos casos, en la medida que se acercaba la cosecha, violentas partiduras de las bayas; similares a los síntomas observados en otros países por deficiencia de este elemento.

Las deficiencias de boro no solamente afectan la cuajadura de bayas.

Se requieren adecuados niveles en el suelo para que se desarrollen en forma óptima las nuevas raíces y su sistema vascular, así como las membranas y paredes celulares, lo que puede afectar la calidad de la fruta.

El Boro (B) es uno de los elementos esenciales para el desarrollo de las plantas, lo cual fue probado inequívocamente por Warington en 1923 (Shorrocks, 1997). Las formas en que actúa no están

del todo claras, pero es indiscutible su importancia, ya sea por su participación en muchos y muy diversos procesos fisiológicos (**Figura 1**), así como por formar parte de la estructura de las paredes celulares y membranas (Marshner, 1986; Azcón-Bieto y Talón, 2000; Gil, 2000).



Figura 1. El rol fisiológico que cumple el B en una planta no solamente tiene que ver con la cuajadura de bayas.

Diversos autores han reportado sobre la intervención del B en la absorción y metabolismo de otros nutrientes, en especial del calcio (Pollard et al. 1977; Ramon et al., 1990;). El B Participa en la formación de la pectina de las paredes celulares, en la síntesis de ácidos nucleicos y en el transporte de carbohidratos en el floema. Es también requerido en puntos de alta actividad metabólica, como

ápices de brotes y de raíces, en los procesos de división y elongación celular (Razeto, 1993). El B jugaría un rol esencial en la biosíntesis y transporte de hormonas vegetales, en especial del AIA (Tang y de la Fuente, 1986), además, este elemento desempeña un papel muy importante en la floración, ya que es necesario para la formación de la yema floral (Kamali y Childers, 1970), para la producción de los granos del polen (Argawala *et al.*, 1981) y para el crecimiento del tubo polínico (Dickinson, 1978).

A nivel de paredes celulares actúa en un rol estructural en conjunto con el calcio (Ginzberg, 1961; Loomis y Durst, 1991, citados por Gupta, 1993). Gil (2000) afirma que el 50% del B se encuentra fijado en los hidratos de carbono de paredes, mientras que Azcón-Bieto y Talón (2000) señalan que puede llegar al 95%.

Diversos procesos fisiológicos se alteran ante una deficiencia de B, no obstante una de las respuestas más rápidas es la inhibición o cesación de la elongación de raíces (Marshner, 1986). Dentro de las especies frutales más susceptibles a la deficiencia de B se encuentra la vid (Shorrocks, 1997; Razeto, 2009).

Siendo un micronutriente, éste es necesario en bajas cantidades para el normal desarrollo de las plantas. Fregoni (1999) menciona que el consumo anual en variedades de uva de mesa (bayas, raquis y follaje) es de 40 a 230 g de B por ha, siendo el rango de concentración de este elemento muy estrecho entre valores deficiente y excesivo (Gupta, 1993).

En el **Cuadro 1**, se presentan los estándares de comparación de B para lámina en pinta y pecíolo en flor, no obstante hay autores que discrepan de estos estándares, tales como Razeto (2004), quien menciona valores de 15 a 200 mg kg<sup>-1</sup> para pecíolo en la misma época de muestreo.

Diversos factores influyen en la disponibilidad del B para las plantas. Entre éstos se incluye el tipo de suelo y sus propiedades físicas y químicas, la especie y variedad de planta, factores ambientales, y la interacción del B con otros nutrientes. En este sentido, se sabe que las plantas sólo responden a la actividad del B en la solución suelo y no al B adsorbido por este (Gupta, 1993).

**Cuadro 1. Estándares nutricionales para boro en lámina y pecíolo para vid (Adaptado de Fregoni, 2005; Christensen y Cook, 1996).**

	Concentración de B en lámina en pinta (mg/kg)	Concentración de B en pecíolo en flor (mg/kg)
<b>Muy Bajo</b>	< 15	< 25
<b>Bajo</b>	15 - 25	25 - 30
<b>Óptimo</b>	25 - 40	30 - 75
<b>Alto</b>	40 - 60	75 - 100
<b>Muy Alto</b>	> 60	> 100

Tanto la textura del suelo como la composición mineralógica de sus arcillas influyen en la capacidad de entregar B a las plantas (**Cuadro 2**). Mientras suelos arenosos tendrán poco B disponible por la facilidad con que éste se lixivia, las arcillas, según su origen, fijarán en mayor o menor grado al elemento dependiendo del pH del suelo.

**Cuadro 2. Niveles críticos de B en el suelo como indicadores de toxicidad (Fregoni, 2005).**

Tipo de Suelo	Niveles críticos de B en el suelo como indicadores de toxicidad
Arenosos	1,2 mg/kg
Arcillosos	4,0 mg/kg

Generalmente, el B se vuelve menos disponible para las plantas con pH creciente en el suelo (Fregoni, 2005). Por otra parte y de acuerdo con numerosos trabajos realizados en distintas plantas, existiría una relación entre niveles crecientes de calcio disponible en el suelo y la deficiencia de B en las plantas (Godoy, 1970).

El agua de riego es otro factor importante a considerar en cuanto a aportes de B a las plantas. Suelos pobres en este elemento, regados con agua con baja concentración de B ( $< 0,5$  mg/L), pueden generar deficiencias limitantes para la producción. Por el contrario, aguas con elevada concentración de este elemento ( $> 2$  mg/L), pueden provocar cuadros de toxicidad (Nable *et al.*, 1997). Sin embargo, en escasas ocasiones, el agua de riego tiene suficiente B para dañar a las plantas directamente, dado que dependerá del tipo de suelo, presencia de arcillas, presencia o no de calcio, si el suelo está o no estratificado, etc.

Deficiencias de B han sido reportadas en 80 países y en 132 cultivos en los últimos 60 años (Shorrocks, 1997). En este sentido, muchos suelos de Chile central presentan cultivos deficitarios en el elemento, incluyendo a la vid (Tollenaar, 1970, citado por Shorrocks, 1997). En esos suelos, la composición química del agua de riego y su interacción con el suelo, generan bajos niveles de B en la planta, lo cual se detecta con los análisis foliares.

Las raíces absorben B a través de la combinación de transporte pasivo por la bicapa lipídica de la membrana plasmática y canales transportadores conocidos como aquagliceroporinas (Dordas y Brown, 2000; Dordas *et al.*, 2002; Takano *et al.*, 2008; Reid, 2010). Una vez en el xilema, la distribución del B está relacionada con la pérdida de agua desde los órganos que transpiran (Hu y Brown, 1997; Wimmer *et al.*, 2003), planteándose que los requerimientos de B de los distintos órganos de las plantas se satisfacen por vía xilemática, ya que este elemento es poco móvil y su translocación en el floema es escasa (Silva y Rodríguez, 1995). Sin embargo, estudios han demostrado que la movilidad del B a través del floema ocurre, en mayor o menor grado dependiendo de la especie. En aquellas en que el azúcar es transportado

principalmente en forma de sorbitol, como especies de los géneros *Pyrus*, *Malus* y *Prunus*, el B estaría móvil libremente, mientras que especies con bajos contenidos relativos de sorbitol entre sus azúcares, presentarían muy baja movilidad del elemento (Brown y Hu, 1996; Brown y Shelp, 1997). El principal azúcar en la vid es sacarosa (Zapata *et al.*, 2004), por lo que la movilidad del B en el floema se presenta de forma restringida (Gunes *et al.*, 2006). Normalmente, en situaciones de deficiencias, se recomiendan aplicaciones de B al follaje dentro de un plan de manejo. Considerando que el rol que juega el B en el desarrollo de las raíces es también fundamental (Marschner, 1986, Mei *et al.*, 2011) y que el aporte de aplicaciones foliares sería casi nulo para esta estructura, se hace indispensable incorporar B en los programas de fertilización al suelo, en aquellos casos en que se presenten condiciones de déficit.

En consideración a todos estos antecedentes, se realizó la presente investigación, cuyo objetivo fue determinar el comportamiento de la fertilización con B al suelo sobre el incremento del elemento a nivel foliar y el crecimiento de raíces en uva de mesa "Flame Seedless".

## Materiales y métodos

El estudio se realizó en un predio ubicado en la localidad de San Felipe, V Región, Chile ( $32^{\circ}45'51''$  S;  $70^{\circ}42'49''$  O) y las evaluaciones en Laboratorio de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile

El material experimental fue constituido por plantas de vid "Flame Seedless" auto-enraizadas conducidas bajo parrón español, en las siguientes condiciones:

a) El primer sector correspondió a un suelo de textura media, franco, profundo y con plantas de 9 años de edad, a una distancia 3 x 3 metros. El

sistema de riego utilizado fue por goteo de una línea, con emisores de  $4 \text{ L}\cdot\text{h}^{-1}$  de caudal, ubicados cada 80 cm. Se eligieron plantas que presentaron características de vigor, desarrollo y diámetro de tronco, similares entre sí.

b) El segundo sector comprendió un suelo delgado, de textura gruesa, matriz franca, altamente pedregoso y de topografía ondulada, con parras de 10 años de edad plantadas a 3 x 3 metros. El riego se realizó por goteo de doble línea, emisores de  $2 \text{ L}\cdot\text{h}^{-1}$  de caudal, ubicados cada 50 cm. En este caso, las plantas tenían condiciones homogéneas y de menor vigor respecto del primer sector descrito.

El agua de riego, que se obtiene desde un pozo profundo, presenta bajo contenido de B ( $0,22 \text{ mg L}^{-1}$ ). En cada sector se realizaron dos aplicación foliares de B (Wuxal Boro,  $1 \text{ L ha}^{-1}$ ;  $1500 \text{ L ha}^{-1}$  mojamiento), en brotes de 50 cm y en pintura.

Se seleccionaron al azar 10 plantas por tratamiento para el sector de texturas medias y 4 en el sector de texturas gruesas. La unidad experimental fue la planta.

Los 4 tratamientos corresponden a distintas dosis (0, 1, 2 y  $4 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  de B) como ácido bórico (17% de B) en su formulación comercial (polvo fino) aplicadas al suelo. Las dosis totales, fueron aplicadas en 3 parcialidades dentro de la temporada; al inicio de cuaja (20/11/04), con bayas de 8 mm (8/12/04) y 12 días después de terminada la cosecha (16/02/05).

### Evaluaciones

**Concentración de B foliar.** Se realizaron análisis de contenido total de B foliar (lámina opuesta al racimo), 3 repeticiones, en 4 momentos durante la temporada (9/12; 10/01; 16/02 y 21/03).

**Concentración de B en yemas.** En la poda del año siguiente, a los tratamientos T0 y T4 se les evaluó la concentración de B en yemas. En este caso, cada

muestra se compuso de 12 yemas tomadas desde la posición nº6 del sarmiento, contado desde la base, en 3 repeticiones (1 de cada planta).

**Concentración de B en brotes.** Se analizaron brotes completos de 30 cm de longitud, igual posición que las yemas, con 3 repeticiones, en la primavera anterior y siguiente (29-sep-04 y 3-oct-05).

**Crecimiento de raíces.** En el sector de textura media se escogieron cuatro plantas de cada tratamiento para instalar jaulas de alambre de  $20 \times 10 \times 30 \text{ (cm}^3\text{)}$  enterradas en el suelo (**Figura 2**), de manera que quedaran cubiertas por un espesor de 15 cm de suelo. Luego se procedió a tapar con el mismo suelo, mullido a mano y separado de piedras y raíces. Esto se llevó a cabo el 20 de noviembre.



Figura 2. Jaula enraizante utilizada para evaluación de crecimiento de raíces en vid.

En postcosecha (abril) se retiraron las jaulas instaladas al comienzo de la temporada para evaluar el largo total de raíces, desenterrándolas cuidadosamente y procurando cortar las raíces con cuchillo en los bordes de las jaulas. En ese mismo momento, se tomaron muestras de raíces con un barrenado de tarro (75 mm de diámetro interno). Esta consistió en un cilindro de suelo de 15 cm de longitud y del diámetro interior del barrenado, lo que genera un volumen de  $662,7 \text{ cm}^3$  de suelo, con sus respectivas raíces en el interior. Para ello se procedió primero a retirar una sección de 10 cm de espesor de suelo superficial con el barrenado, para luego extraer la muestra con el mismo. Esto se

realizó a ambos lados de cada una de las plantas dentro del área de influencia del emisor, pero no directamente bajo este. Se determinó el largo total de las raíces, siguiendo metodología propuesta por Böhm (1979).

**Histología de raíces.** Raíces de 2 mm de diámetro de cada tratamiento fueron incluidas en plástico JB-4 (Polyscience, inc.). Las muestras fueron cortadas transversalmente con micrótopo (marca LEITZ, modelo 1516, Alemania) en secciones de 6  $\mu\text{m}$  de espesor, se realizó su tinción para su posterior observación en microscopio óptico.

**Diseño experimental y análisis estadístico:** El diseño experimental fue totalmente al azar, siendo la unidad experimental la planta. Se hicieron 10 repeticiones en el caso del sector de suelo de textura media (6 para muestras de cilindros, 3 de las cuales se tomaron muestras foliares, y 4 para jaulas) y 4 repeticiones en el sector de suelo de textura gruesa (3 de ellas para evaluación del incremento de B a nivel foliar). Los resultados obtenidos fueron sometidos a análisis de varianza (ANDEVA) y en el caso de existir diferencias significativas se utilizó la prueba de LSD, con un nivel de significancia del 5%. Además se realizó análisis de correlación entre las variables evaluadas.

## Resultados y discusión

### Contenido de B a nivel foliar

Para todos los tratamientos se observa un significativo aumento en la concentración de B en las hojas luego de las aplicaciones sucesivas, incluido el testigo sin aplicación (**figuras 3 y 4**). Existe una asociación entre las dosis aplicadas y la concentración en tejidos foliares en el tiempo. El incremento del contenido de B en los tejidos de las plantas testigo estaría dado por los aportes de B que indudablemente hacen los elementos

acompañantes a los fertilizantes principales aplicados, considerados como parte de las impurezas (Cadaña, 2005), el agua de riego, cuya concentración de B era de 0,22  $\text{mg kg}^{-1}$ , las aplicaciones foliares y el suelo a partir del reciclaje del elemento desde las hojas que caen (Mertens *et al.*, 2011), o el material de poda y hojas incorporadas en invierno.

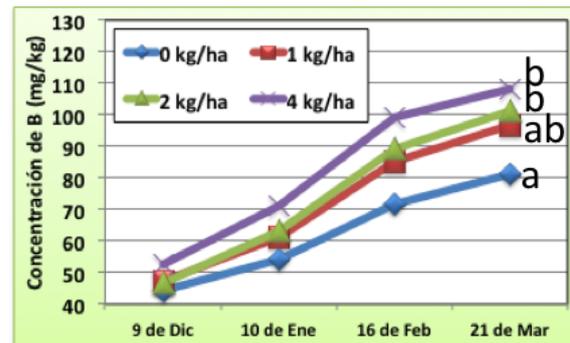


Figura 3. Evolución del contenido de B total en lámina de vid "Flame Seedless" a lo largo de la temporada para distintos tratamientos de aplicaciones de B al suelo en el sector de textura media.

En el suelo de texturas media (**Figura 3**), en la primera evaluación el tratamiento 4  $\text{kg ha}^{-1}$  se diferenció significativamente del testigo (0  $\text{kg/ha}$ =44,3 a; 1  $\text{kg/ha}$ =47,3 a; 2  $\text{kg/ha}$ =46,7 a y 4  $\text{kg/ha}$ = 52,7 b). En la segunda fecha, todos los tratamientos fueron significativamente diferentes al testigo sin aplicación, condición que se mantiene hasta el final solo para los tratamientos 4 y 2  $\text{kg ha}^{-1}$ .

Para el suelo de textura gruesa (**Figura 4**), desde la primera fecha todos los tratamientos son significativamente diferentes al testigo sin aplicación, situación que se mantiene hasta el final.

Se observa una tendencia en el suelo de textura gruesa a una mayor respuesta a las fertilizaciones con ácido bórico respecto de las plantas en el suelo de textura media, en todas las fechas analizadas

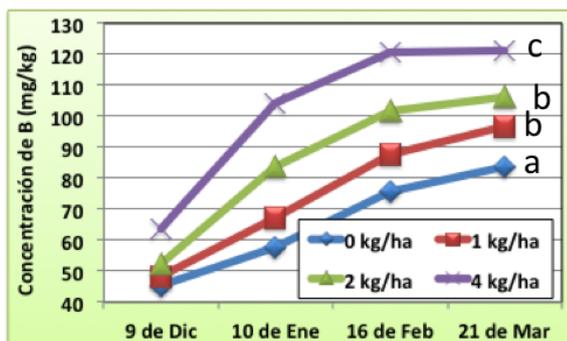


Figura 4. Evolución del contenido de B total en lámina de vid "Flame Seedless" a lo largo de la temporada para distintos tratamientos de aplicaciones de B al suelo en el sector de textura gruesa.

El menor nivel de B foliar apreciado en el sector de textura media puede ser debido a la dilución del elemento en la mayor biomasa generada por las plantas, las que evidentemente eran más vigorosas. Por otra parte, el mayor contenido de arcillas presente podría estar jugando un rol importante al adsorber una mayor proporción de la dosis aplicada (Goldberg, 1997).

Otras posibles diferencias en la respuesta en los suelos que generarían cambios en la disponibilidad del microelemento, no evaluadas en este ensayo, podrían estar dadas por el nivel de calcio, la materia orgánica y el pH (Godoy, 1970; Goldberg, 1997; Hu y Brown, 1997; Bolaños et al., 2004).

No se apreciaron efectos fitotóxicos con las dosis utilizadas.

### Concentración de B en yemas

Según las evaluaciones realizadas en invierno para los tratamientos extremos (**cuadros 3 y 4**), se aprecia un alza significativo, en la concentración de B en las yemas del tratamiento con mayor dosis respecto del testigo, solamente en plantas del sector de textura gruesa.

**Cuadro 3.** Concentración de B ( $\text{mg kg}^{-1}$ ), en yemas analizadas en invierno provenientes de plantas ubicadas en el suelo de texturas medias.

Tratamiento	Concentración de B (mg/kg)
T (0 kg/ha)	26,00 a
T (4 kg/ha)	27,50 a

Letras distintas en sentido vertical indican diferencias significativas entre tratamientos, con un nivel de significancia de  $p \leq 0,05$ .

**Cuadro 4.** Concentración de B ( $\text{mg kg}^{-1}$ ), en yemas analizadas en invierno provenientes de plantas ubicadas en el suelo de texturas gruesas.

Tratamiento	Concentración de B (mg/kg)
T (0 kg/ha)	27,33 a
T (4 kg/ha)	31,67 b

Letras distintas en sentido vertical indican diferencias significativas entre tratamientos, con un nivel de significancia de  $p \leq 0,05$ .

El **Cuadro 4**, textura gruesa, muestra que es factible incrementar los niveles de B en este tejido mediante las fertilizaciones durante la temporada de crecimiento, revelando que ese efecto sería posible de observar a nivel de reserva en las yemas y que probablemente, jugaría un importante rol en la temporada siguiente (Ruiz, 2000). En este sentido, es factible pensar que en localidades con exceso de B a nivel de suelo y claras manifestaciones de toxicidad a nivel foliar en primavera (Ej. Copiapó), ya en invierno sería factible detectar esta condición y evaluar los manejos de mitigación implementados en meses anteriores.

### Concentración de B en brotes

Ratificando los valores de concentración de B en yemas, sólo se detectó un claro incremento en los niveles de este elemento en los brotes del sector

de suelo de textura gruesa respecto del testigo (**Cuadro 6**). Por otro lado, en el sector de suelo con texturas medias, la concentración del elemento no difiere entre tratamientos, al igual que lo observado en yemas (**Cuadro 5**).

**Cuadro 5. Concentración de B ( $\text{mg kg}^{-1}$ ), en brotes analizadas en primavera provenientes de plantas ubicadas en el suelo de texturas medias.**

Tratamiento	Concentración de B en brotes	
	Primavera antes de los tratamientos ( $\text{mg/kg}$ )	Primavera después de los tratamientos ( $\text{mg/kg}$ )
T (0 kg/ha)	28	49,7 b
T (1 kg/ha)	28	49,0 ab
T (2 kg/ha)	28	42,7 a
T (4 kg/ha)	28	49,0 ab

Letras distintas en sentido vertical indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ), por suelo.

**Cuadro 6. Concentración de B ( $\text{mg kg}^{-1}$ ), en brotes analizadas en primavera provenientes de plantas ubicadas en el suelo de texturas gruesas.**

Tratamiento	Concentración de B en brotes	
	Primavera antes de los tratamientos ( $\text{mg/kg}$ )	Primavera después de los tratamientos ( $\text{mg/kg}$ )
T (0 kg/ha)	S/D	38,3 a
T (1 kg/ha)	S/D	40,0 ab
T (2 kg/ha)	S/D	39,7 a
T (4 kg/ha)	S/D	46,0 b

Letras distintas en sentido vertical indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ), por suelo.

La baja asociación de los análisis de brotes y yemas con las aplicaciones de B al suelo y detectadas claramente a nivel foliar, sugiere la inmovilidad del elemento en el floema, al no poder ser removilizados desde la hoja a otras partes de la planta. Brown y Shelp (1997) señalan que en ciertas especies donde el B es inmóvil, la acumulación ocurre en la hoja y es donde primeramente se manifiesta la toxicidad. Las plantas toman y transportan B mediante el flujo de masa producido por la transpiración (Wimmer *et al.*, 2003), es por ello que los niveles en las hojas son más altos que en yemas y brotes. Este

comportamiento ha sido descrito en especies tales como vid (Gunes *et al.*, 2006), mandarina (Papadakis *et al.*, 2004) y otros citrus (Papadakis *et al.*, 2003). Sin embargo, los resultados del sector de suelo de texturas gruesas indican que la acumulación del elemento en yemas termina por manifestarse en el brote de la temporada siguiente.

**Crecimiento de raíces**

Estas evaluaciones sólo fueron realizadas en el suelo de texturas medias.

**Muestras de cilindro.** En las evaluaciones de peso seco y largo total de raíces no se apreciaron diferencias significativas entre los tratamientos (**Figuras 5**). La dispersión de los datos fue tan alta que si bien los promedios sugieren diferencias, estadísticamente todos los tratamientos fueron iguales.

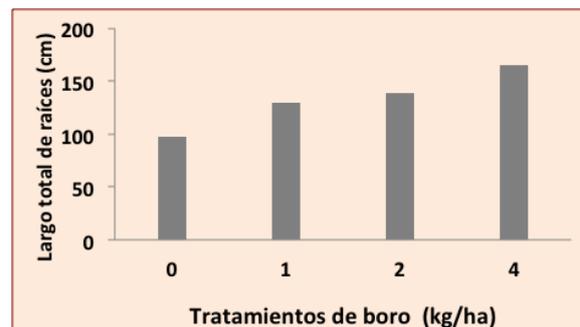


Figura 5. Largo total promedio de raíces provenientes de muestras de cilindros de acuerdo a los distintos tratamientos de fertilización con B al suelo de texturas medias.

Estos resultados se contraponen con los obtenidos en ensayos realizados en manzanos por Wojcik *et al.* (2008), quienes señalan que la aplicación de B al suelo, aumentó el peso seco de las raíces finas ( $< 2 \text{ mm}$ ) respecto al testigo. La fertilización de B al suelo incremento el vigor de los árboles, siendo este efecto atribuido al mejoramiento del desarrollo del sistema radical.

Es importante tener presente que gran parte de la variabilidad de los datos está dada por la diversidad de factores que no se pueden controlar a nivel de campo. Si bien es cierto que las raíces suelen concentrarse en una banda de suelo bajo la línea de riego, como pudo observarse en diversas calicatas (Caquisani, 2010), al momento de tomar la muestra con el cilindro, varió considerablemente la cantidad y el grosor de las raíces recogidas en cada muestra, independiente del tratamiento.

### Muestras de jaulas enraizantes

Al igual que en los resultados del método del cilindro, no existió un efecto significativo sobre el crecimiento de las raíces (Figuras 6).

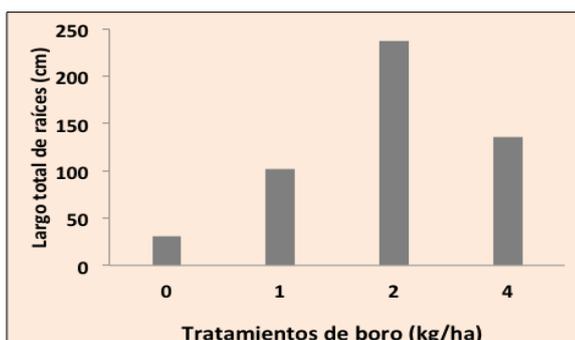


Figura 6. Largo total promedio de raíces provenientes de muestras de jaulas enraizantes de acuerdo a los distintos tratamientos de fertilización con B al suelo de texturas medias.

En este caso, a pesar que la muestra fue recolectado desde un volumen de suelo disturbado, donde para ningún tratamiento existieron raíces antiguas, la variabilidad de los resultados entre las repeticiones de cada tratamiento también fue alta. Además, hay que tener en cuenta que el crecimiento de raíces en este caso, está involucrada por la poda de ellas realizada al momento de instalación de las jaulas.

### Histología de raíces

No fue posible distinguir patrones distintivos en la histología entre los distintos tratamientos, lo que podría explicarse, tal vez, porque el aporte natural del B del suelo fue suficiente y no constituya una limitante para el normal desarrollo de estos tejidos (Figura 7).

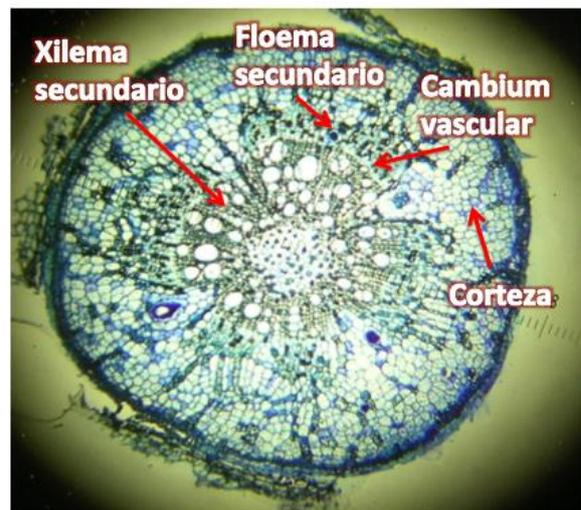


Figura 7. Corte histológico de una raíz testigo, Flame Seedless.

### Aplicación en terreno

Es fundamental que los productores tengan conciencia de su realidad productiva, sobre todo lo que concierne a los niveles nutricionales del suelo, agua y foliar, de manera de poder actuar preventivamente frente a posibles carencias o toxicidades. En este sentido y considerando que se requieren más estudios para aclarar estos efectos en la vid, es importante recalcar que las deficiencias de boro no solamente afectan la cuajadura de bayas, requiriéndose adecuados niveles en el suelo para que se desarrollen en forma óptima las nuevas raíces y su sistema vascular, así como a nivel de raquis y bayas, para que se generen en forma óptima las membranas y paredes celulares, y así no se afecte negativamente la calidad de la fruta.

Considerando las condiciones bajo las cuales se realizaron los ensayos, se recomienda aplicaciones en suelos de texturas medias, franca, de 2 a 4 kg ha<sup>-1</sup> de B al año y de 2 kg ha<sup>-1</sup> para suelos de texturas gruesas, matriz franca. Es probable que para suelos arcillosos la fertilización debiera ser de a lo menos 4 kg ha<sup>-1</sup>.

Siempre parcialice la dosis, siendo menores al inicio de primavera (con menos follaje) e incrementándose hacia el verano. Finalmente y como regla general, si observa bajos niveles de B en el agua de riego (< 0,3 mg L<sup>-1</sup>) o algo mayores (< 0,5 mg L<sup>-1</sup>) pero con abundante lluvia invernal, realice los análisis pertinentes para definir posibles aplicaciones foliares y al suelo.

## Conclusiones

De acuerdo a las condiciones en que se realizaron los ensayos:

- 1) Hay una respuesta de la planta frente a la aplicación creciente de B al suelo, incrementándose la concentración del elemento a nivel foliar.
- 2) Solamente en el suelo de texturas gruesas y en la dosis máxima, se determinó en invierno un incremento de la concentración de B en las yemas respecto del testigo y en primavera, un incremento a nivel de brotes del nuevo crecimiento.
- 3) No fue posible determinar el efecto del B sobre el desarrollo de raíces mediante la metodología empleada en este ensayo.

No se detectaron problemas de fitotoxicidad bajo las condiciones en que se realizaron los tratamientos..

## Literatura

- Argawala, S., P. Sharma, C. Chaterjee and C. Sharma. 1981. Development and enzymatic changes during pollen development in boron deficient maize plants. *J. Plant Nutr.* 3: 329-336.
- Azcón-Bieto, J. y M. Talón. 2000. Fundamentos de fisiología vegetal. McGraw-Hill Interamericana, Madrid, España. 522p.
- Blevins, D. and K. Lukaszewski. 1998. Boron in plant structure and function. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 49: 481-500.
- Bohm, W. 1979. *Methods of Studying Root Systems*. Springer Verlag, New York, USA. 187p.
- Bolaños, L., K. Lukaszewski, I. Bonilla and D. Blevins. 2004. Why boron? *Plant Physiology and Biochemistry* 42: 907-912.
- Brown, P. and H. Hu. 1996. Phloem mobility of boron is species dependent: evidence for phloem mobility in sorbitol-rich species. *Annals of Botany* 77(5): 497-506.
- Brown, P. and B. Shelp. 1997. Boron mobility in plants. *Plant and Soil* 193: 85-101.
- Cadahía, C. 2005. *Fertirrigación, Cultivos Hortícolas, Frutales y Ornamentales*. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España. 682p.
- Caquisani, R. 2010. Efecto de la poda de raíces y tratamientos complementarios en vid de mesa cv. Thompson Seedless, segundo año. Memoria Ingeniero Agrónomo. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas. Santiago, Chile. 31p.
- Dickinson, D. 1978. Influence of borate and pentaerythritol concentrations on germination and tube growth of *lilium longiflorum* pollen. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 103(3): 413-416.
- Dordas, C. and P. Brown. 2000. Permeability of boric acid across lipid bilayers and factors

- affecting it. *The Journal of Membrane Biology* 175: 95-105.
- Dordas, C., M. Chrispeels and P. Brown. 2002. Permeability and channel-mediated transport of boric acid across membrane vesicles isolated from squash roots. *Plant Physiology* 124: 1349-1361.
- Du Preez, T. 2003. Fertigation of Table and Wine Grapes. Seminario Internacional de Fertirriego. Santiago de Chile. SQM.
- Fregoni, M. 1999. *Viticultura di Qualità. Edizioni l' Informatore Agrario S.r.l. Italia.* 705p.
- Godoy, H. J. 1970. Efecto de niveles crecientes de calcio en el contenido foliar de boro en vid de la variedad Sultanina. Tesis Licenciado en Agronomía. Santiago, Chile, Universidad de Chile. Facultad de Agronomía. 52p.
- Goldberg, S. 1997. Reactions of boron with soils. *Plant Soil* 193: 35-48.
- Gunes, A., G. Soylemezoglu, A. Inal, E. Bagci, S. Coban and O. Sahin. 2006. Antioxidant and stomatal responses of grapevine (*Vitis vinifera* L.) to boron toxicity. *Scientia Horticulturae* 110: 279-284.
- Gupta, C. U. 1993. Boron and its role in crop production. CRC Press Inc, Boca Raton, FL. 237p.
- Hu, H. and P. Brown. 1997. Absorption of boron by plants roots. *Plant and Soil* 193: 49-58.
- Kamali, A. and N. Childers. 1970. Growth and fruiting of peach in sand culture as affected by boron and a fritted form of trace elements. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 95: 562-656.
- Nable, R., G. Bañuelos and J. Paull. 1997. Boron toxicity. *Plant and Soil* 193: 181-198.
- Marschner, H. 1986. Mineral nutrition of higher plants. Academic Press, Toronto, Canada. 889p.
- Mei, L., O. Sheng, S. Peng, G. Zhou, Q. Wei and Q. Li. 2011. Growth, root morphology and boron uptake by citrus rootstock seedlings differing in boron-deficiency responses. *Scientia Horticulturae* 129: 426-432.
- Mertens, J., L. Van Laer, P. Salaets and E. Smolders. 2011. Phytotoxic doses of boron in contrasting soils depend on soil water content. *Plant Soil* 342: 73-82.
- Papadakis, I., K. Dimassi and I. Therios. 2003. Response of two citrus genotypes to six boron concentrations: concentration and distribution of nutrients, total absorption, and nutrient use efficiency. *Aust. J. Agric. Res.* 54: 571-580.
- Papadakis, I., K. Dimassi, A. Bosabadilis, I. Therios, A. Patakas and A. Giannakoula. 2004. Boron toxicity in 'Clementine' mandarin plants grafted on two rootstocks. *Plant Science* 166: 539-547.
- Pollard, A. S.; A. J. Parr and B.C. Loughman, 1977. Boron in relation to membrane function in higher plants. *J. Exp. Bot.* 28:831-841.
- Ramón, A. M., R. O. Carpena-Ruiz and A. Gárate. 1990. The effects of short-term deficiency of boron non potassium, calcium and magnesium distribution in leaves and roots of tomato (*Lycopersicon esculentum*) plant. In "Plant Nutrition-Physiology and Application" (M. L. Van Beusichem, Ed.), pp. 287-290. Kluwer Academic, Dordrecht.
- Razeto, B. 1993. La nutrición mineral de los frutales: deficiencias y excesos. SQM, Santiago, Chile. 105p.
- Razeto, B. 2004. Fertilizers for Wine Grapes B.H. Goldspink; J. Campbell; N. Lantzke; C. Gordon; N. Cross Editor: B.H. Goldspink, (1998). Agriculture Western Australia; YARA, 2004).
- Razeto, B. 2009. Symptoms of nutrient imbalances in fruit trees. SQM, Santiago, Chile. 185p.

- Reid, R. 2010. Can we really increase yields by making crop plants tolerant to boron toxicity? *Plant Science* 178: 9-11.
- Ruiz, R. 2000. Dinámica nutricional en cinco parrones de diferente productividad del valle central regado de Chile. *Agricultura Técnica* 60(4): 379-398
- Shorrocks, V.M. 1997. The occurrence and correction of boron deficiency. *Plant and Soil* 193: 121-148.
- Silva, H. y J. Rodríguez. 1995. Fertilización de plantaciones frutales. Ed. U. Católica, Santiago, Chile. 520p.
- Tang, P. M. and R. K. De la Fuente. 1986. Boron and calcium sites involved in índole-3-acetic acid transport in sunflower hypocotyl segment. *Plant Physiol.* 81:651-655.
- Takano, J., K. Miwa and T. Fujiwara. 2008. Boron transport mechanisms: collaboration of channels and transporters. *Trends in Plant Science* 13(8): 451-457.
- Van Zyl, J. 1988. The grapevine root and its environment, Republic of South Africa. Department of agriculture and water supply. Technical Communication N°215. 146 p.
- Wimmer, M., K. Muhling, A. Lauchli, P. Brown, H. Goldbach. 2003. The interaction between salinity and boron toxicity affects the subcellular distribution of ions and proteins in wheat leaves. *Plant Cell Environ.* 26: 1267–1274.
- Winkler, A. 1965. *Viticultura*. Compañía Editorial Continental, México. 792p.
- Wojcik, P., M. Wojcik and K. Klamkowski. 2008. Response of apple trees to boron fertilization under conditions of low soil boron availability. *Scientia Horticulturae* 116: 58-64.
- Zapata, C., E. Deléens, S. Chaillou and C. Magné. 2004. Partitioning and mobilization of starch and N reserves in grapevine (*Vitis vinifera* L.). *Journal of Plant Physiology* 161: 1031-1040.



**Rodrigo Callejas R. Dr.** es Profesor de la Universidad de Chile y Director del Centro de Transferencia Tecnológica e Investigación Aplicada UCHILECREA



**Daniel Desmartis. Ing. Agr.** ex alumno de la Universidad de Chile.

### **Editores**

**Prof. Loreto Cánaves S. Ing. Agr. M.Sc.**

**Prof. Bruno Razeto M. Ing. Agr. Mg. Sc.**

**Prof. José Ignacio Covarrubias. Ing. Agr. Dr.**

