EFECTO DE LA ACIDIFICACIÓN DEL SUSTRATO Y DEL AGUA DE RIEGO EN LA NUTRICIÓN, DESARROLLO Y PRODUCCIÓN DE ARÁNDANO OJO DE CONEJO (*Vaccinium ashei* Reade)[1]

Effect of substrate and irrigation water acidification on the nutrition, growth, and yield of rabbiteye blueberries (*Vaccinium ashei* Reade)

Raúl Ferreyra E.[2], José Peralta C.[2], Angélica Sadzawka R.[2], Carlos Muñoz S.[2] y Jorge Valenzuela B.[2]

ABSTRACT

The central zone of Chile meets the climatic conditions to produce rabbiteye blueberries (*Vaccinium ashei* Reade), nevertheless, there are restrictions imposed by soil pH, porosity and irrigation water quality. An experiment was carried out at La Platina Research Center of the National Institute of Agricultural Research, Santiago, to determine the effect of the use of a mix of soil-sawdust and irrigation water with pH 2, 4, 5 and 7.8 (control) to plant rabbiteye blueberries in 1990. The growth and production was evaluated for three seasons (1990 - 1993). The foliar analysis showed that only the Mn concentration was lower than the control treatment. The plants irrigated with water pH 2 did not develop chlorosis, and had better growth and production, making possible economic production under these climatic conditions.

Key words: soil-water acidification, water quality, drip irrigation, plant nutrition, berry.

RESUMEN

La zona central de Chile reúne condiciones climáticas adecuadas para el desarrollo del arándano ojo de conejo (*Vaccinium ashei* Reade), sin embargo, existen limitantes para su desarrollo debido al alto pH de los suelos, a la porosidad y a la calidad del agua utilizada para el riego. Se realizó un experimento en el Centro Regional de Investigación La Platina, del Instituto de Investigaciones Agropecuarias, en Santiago, para determinar el efecto del uso de una mezcla de suelo-aserrín acidificada, así como también del agua de riego con pH 2, 4, 5 y 7,8 (testigo), para lo cual se plantó arándano ojo de conejo el año 1990. El crecimiento y la producción se evaluaron durante tres temporadas. El análisis foliar mostró que sólo la concentración de Mn fue menor en el tratamiento testigo. Las plantas regadas con agua con pH 2 no presentaron clorosis, y mostraron un mejor desarrollo y producción, haciendo posible la explotación comercial bajo estas condiciones climáticas.

Palabras claves: acidificación de suelos, acidificación de agua de riego, calidad de agua, riego por goteo, nutrición de plantas, bayas.

[1]Recepción de originales: 01 de agosto de 2000.
[2]Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación La Platina, Casilla 439, Correo 3, Código postal 7083150, Santiago, Chile. E-mail: rferreyr@platina.inia.cl

INTRODUCCIÓN

El arándano ojo de conejo (*Vaccinium ashei* Reade) es una especie frutal que pertenece a la familia Ericaceae, que requiere suelos ácidos (pH 4,5-5,2) con alto contenido de materia orgánica (MO) (20-50%) para un óptimo desarrollo (Rieger, 1999), aunque a menudo se planta con éxito en suelos con bajos contenidos de MO (Cummings *et al.*, 1981). Debido a que su sistema radicular es fibroso, fino, poco profundo y caracterizado por la falta de pelos radicales, los suelos donde se cultiva deben ser preferentemente porosos y bien drenados (Malik y Cawthon, 1998). Se adapta a una amplia gama de climas y la principal restricción se relaciona con el requerimiento de 250-600 h de frío (Caruso y Ramsdell, 1995).

Además de los requerimientos de suelos y de clima, el arándano ojo de conejo requiere para un buen desarrollo y producción, aguas de riego de pH < 7,0 y con contenidos de bicarbonato (HCO_3^-) < 1,5 mmol L^{-1}, de sodio (Na^+) < 2,0 mmol L^{-1} y de cloruro (Cl^-) < 4,0 mmol L^{-1} (Wright *et al.*, 1994).

En la zona central de Chile existen las condiciones de clima adecuadas para el cultivo del arándano ojo de conejo, pero la mayoría de los suelos no cumplen los requisitos de pH ni de porosidad, y las aguas de riego generalmente tienen características químicas que superan los límites recomendados. Para eliminar las restricciones de suelos, se ha propuesto mezclar el suelo del hoyo de plantación con aserrín y acidificarlo por tratamiento con ácido. Para minimizar los problemas de las aguas de riego se ha procedido a regar con agua acidificada con ácido sulfúrico, con lo cual se disminuye el contenido de HCO_3^- y se atenúan los efectos adversos del Na^+ y del Cl^- por el aumento en la concentración de sulfato (SO_4^{-2}) en el agua (Wright *et al.*, 1994).

Los resultados de las prácticas propuestas sobre el suelo y el agua de riego fueron publicados por Ferreyra *et al.* (1998) y en este trabajo se informan los resultados sobre la nutrición, desarrollo y producción de arándano ojo de conejo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en un suelo Mollisol Aluvial Calcáreo Santiago, ubicado en el Centro Regional de Investigación La Platina (33° 34' lat. Sur, 70°38' long. Oeste) del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Este suelo es moderada a ligeramente profundo, bien drenado y de permeabilidad alta.

Para el ensayo se mezcló suelo con aserrín en proporción volumétrica 1:1. Se agregó ácido sulfúrico hasta que el pH de la mezcla se estabilizó en 5,9. Luego la mezcla suelo-aserrín se colocó en hoyos de plantación de 0,25 x 0,25 x 0,20 m practicados en 12 parcelas de 25 m^2, a razón de 5 hoyos por parcela. Se instaló un sistema de riego por goteo, con un gotero por hoyo de un gasto de 4 L h^{-1}. En octubre de 1990, en cada hoyo se colocó una planta de arándano ojo de conejo de 2 años de edad y se regó con 10 L de agua acidificada con ácido sulfúrico hasta un pH 4,0-4,5. Posteriormente, y hasta el inicio de los tratamientos, se continuó regando de la misma forma, pero con 1 L de agua por planta al día. Los tratamientos se iniciaron a los 15 días de la plantación, y consistieron en el riego con agua acidificada con ácido sulfúrico hasta un pH aproximado de 2 (1,8-2,1), 4 (3,9-4,7) 5 (5,2-5,4) y 7,8 (testigo).

El diseño fue de bloques completamente al azar con cuatro tratamientos y tres repeticiones. Los tratamientos se mantuvieron durante tres temporadas de crecimiento del arándano, regando entre noviembre y abril de cada temporada. La fertilización consistió solamente en la adición de urea en dosis de 28 g por planta al año, a través del agua de riego, parcializada semanalmente entre noviembre y febrero. Las malezas se controlaron manualmente y las plagas químicamente.

Durante el estudio se tomaron muestras compuestas de hojas totalmente expandidas del tercio

medio de las ramillas del año anterior, se secaron a 60 °C, se molieron y se analizaron para N por el método de Kjeldahl (Horneck y Miller, 1998) y para P, K, Ca, Mg, Na, Cl, Fe, Mn, Cu y Zn por calcinación y colorimetría, titulación potenciométrica o espectrofotometría de absorción atómica (Cottenie, 1984). Anualmente se cuantificaron el número de brotes, la altura de cada planta y producción de frutos. Mensualmente se midió el diámetro de la cubierta vegetal, la altura de las plantas y el diámetro máximo de los tallos de los renuevos. Durante el período de cosecha (primera semana de enero a tercera semana de febrero), se midió semanalmente: número y peso de bayas y producción de frutos por planta. Periódicamente se tomaron muestras de aguas y de las mezclas suelo-aserrín, cuya metodología se describe en Ferreyra *et al.* (1998).

Los resultados se sometieron a análisis de varianza y a la prueba de t para la comparación de medias de muestras pareadas ($P < 0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Composición foliar elemental

Las concentraciones elementales foliares promedio de la temporada 1993 se muestran en el Cuadro 1. Considerando los rangos normales dados por Spiers (1982) para las épocas muestreadas, N, K y Mn están ligeramente más altos que lo normal y el P ligeramente más bajo. Las concentraciones de Ca, Fe y Na son superiores en un 130 a 1.600% a los rangos normales, y las de Mg y Zn inferiores en un 30 a 60%.

Los altos niveles foliares de Na indican que el arándano carece de un mecanismo de regulación de la absorción de Na, a diferencia de las plantas típicamente sensibles a la salinidad, las cuales mantienen una concentración foliar de Na baja aunque el suministro sea alto. El arándano parece acumular Na de manera similar a las plantas tolerantes a la salinidad, pero con la diferencia que una salinidad alta es detrimental para su desarrollo (Spiers, 1983).

Cuadro 1. Concentración foliar de nutrientes en arándanos ojo de conejo (*Vaccinium ashei* Reade) regados con aguas de diferente pH (muestras de enero a marzo de 1993)
Table 1. Leaf nutrient composition of rabbiteye blueberry (*Vaccinium ashei* Reade) irrigated with different pH waters (samples from January to March 1993)

pH del agua de riego	Concentración foliar (sobre la base de materia seca)										
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu	Na	Cl
	%					mg kg^{-1}					
2	1,90 a	0,09 a	0,54 a	0,40 a	0,10 A	180 a	90 a	11 a	5,0 a	907 a	353 a
4	1,75 a	0,08 a	0,45 a	0,65 a	0,09 A	200 a	80 a	11 a	4,5 a	412 a	347 a
5	1,83 a	0,07 a	0,40 a	0,80 a	0,11 A	205 a	100 a	12 a	4,5 a	558 a	317 a
7,8	1,50 a	0,07 a	0,38 a	0,70 a	0,11 A	145 a	55 b	9 a	4,0 a	640 a	357 a
	Rango normal para las épocas muestreadas (Spiers, 1982)										
Inferior	1,31	0,09	0,36	0,25	0,24	52	53	15	-	32	-
Superior	1,69	0,10	0,42	0,27	0,26	66	56	18	-	37	-

Columnas con letras iguales no son estadísticamente diferentes según la prueba DMS ($P < 0,05$).

Los tratamientos de riego con aguas de pH entre 2 y 7,8 no afectaron significativamente los niveles foliares de N, P, K, Ca, Mg, Fe, Zn, Cu Na y Cl (Cuadro 1). Estos resultados coinciden con los obtenidos por Spiers (1978) en arándanos cultivados en soluciones nutritivas de pH entre 3,5 y 7,5 y con los de Austin *et al.* (1986) en arándanos cultivados en suelos de pH entre 5,1 y 6,9. Solamente la concentración de Mn foliar fue significativamente menor en las plantas regadas con agua sin acidificar.

Las plantas presentaron sintomatología visual de clorosis en un grado creciente desde los tratamientos con aguas de pH 4 a 7,8; solamente las plantas regadas con agua de pH 2 no mostraron sintomatología. Estos resultados no se explican por las concentraciones foliares de nutrientes, ya que si bien los niveles de Mg y Zn están bajo lo normal, no se observa una gradiente de concentración foliar en los tratamientos. Una explicación podría ser que se determinó el Fe total foliar y no el Fe^{+2} que es el Fe activo en la planta. En muchas especies (una excepción es el limonero) no existe relación de la sintomatología de clorosis férrica con la concentración de Fe total en las hojas, pero sí con el nivel Fe^{+2} (Villanueva, 1992).

Desarrollo vegetativo

El número de renuevos por planta (Figura 1), el diámetro de la cubierta vegetal, la altura de la planta, y el diámetro máximo de los tallos de los renuevos (Cuadro 2) de los arándanos regados con agua de pH 2 fueron significativamente superiores al resto de los tratamientos. Los parámetros medidos en los arándanos regados con aguas de pH 4 y 5 fueron estadísticamente diferentes solamente en el diámetro de los tallos de renuevo. El riego con agua de pH 7,8 produjo un menor desarrollo vegetativo de las plantas, pero sin llegar a los extremos de muerte de las plantas a pH 7,0 (Cummings *et al.*, 1981).

Spiers (1984) informó que el mayor rendimiento y desarrollo ocurre en las plantas de arándanos ojo de conejo cultivadas en suelos de pH entre 3,9 y 6,1. En ambos extremos fuera de este rango, el desarrollo de las plantas disminuyó significativamente, pero el efecto es más detrimental en los valores menores de pH que en los mayores. El autor sugiere como factor limitante una excesiva absorción de Na en los suelos de pH alto y una toxicidad de Mn en los suelos de pH bajo.

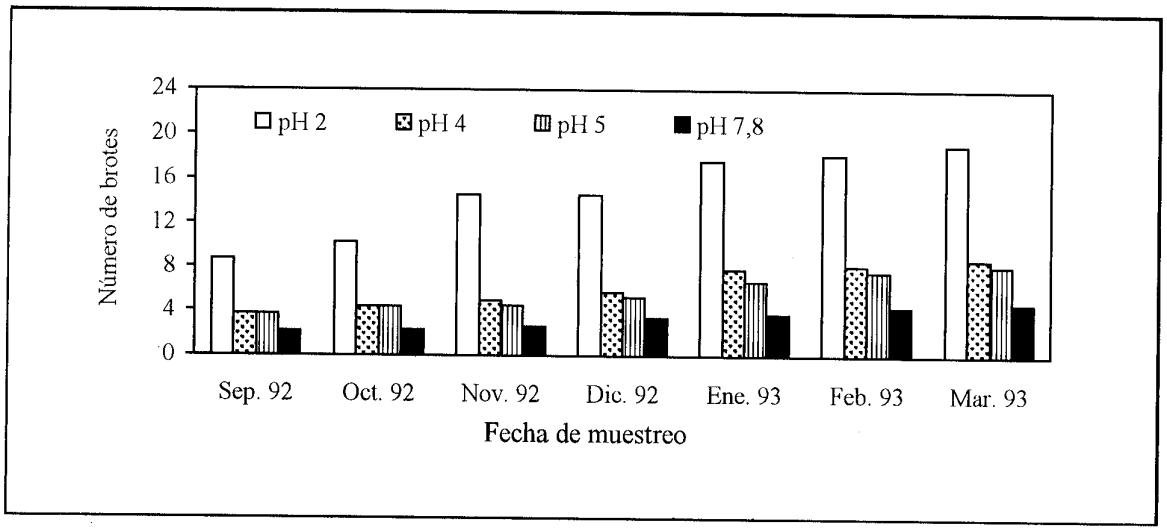

Figura 1. Número de renuevos de arándanos ojo de conejo (*Vaccinium ashei* Reade) regados con aguas de diferente pH.
Figure 1. Sprout number of rabbiteye blueberry (*Vaccinium ashei* Reade) irrigated with different pH waters.

Cuadro 2. Diámetro de la cubierta vegetal, altura de las plantas y diámetro máximo de los tallos de los renuevos de arándanos ojo de conejo (*Vaccinium ashei* Reade) regados con aguas de diferentes pH

Table 2. Canopy diameter, plant height and sprout maximun diameter of rabbiteye blueberry (*Vaccinium ashei* Reade) irrigated with different pH waters

pH del agua de riego	Fecha de muestreo						
	Sep-92	Oct-92	Nov-92	Dic-92	Ene-93	Feb-93	Mar-93
				Diámetro de la cubierta vegetal, m			
2	0,62 a	0,63 a	0,66 a	0,69 a	0,73 a	0,75 a	0,79 a
4	0,50 ab	0,51 ab	0,52 a	0,57 ab	0,54 ab	0,64 ab	0,56 ab
5	0,46 bc	0,47 b	0,50 a	0,51 b	0,52 b	0,55 b	0,56 b
7,8	0,36 c	0,37 b	0,42 a	0,45 b	0,46 b	0,48 b	0,51 b
				Altura de la planta, m			
2	0,65 a	0,69 a	0,72 a	0,74 a	0,76 a	0,77 a	0,79 a
4	0,55 ab	0,58 ab	0,59 b	0,61 ab	0,63 ab	0,65 ab	0,66 ab
5	0,52 ab	0,54 b	0,56 b	0,57 b	0,59 b	0,60 b	0,62 b
7,8	0,48 b	0,50 b	0,53 b	0,55 b	0,58 b	0,60 b	0,62 b
				Diámetro máximo de los tallos de los renuevos, mm			
2	17,6 a	18,5 a	19,3 a	23,7 a	28,5 a	31,9 a	33,7 a
4	8,5 b	9,1 b	9,5 b	10,6 b	13,8 b	16,8 b	20,6 b
5	4,0 c	4,3 c	4,7 c	5,4 c	6,6 c	8,4 c	10,0 c
7,8	2,3 d	2,5 d	2,9 d	3,7 c	4,5 c	5,4 c	6,2 c

Columnas con letras iguales no son estadísticamente diferentes según la prueba DMS ($P < 0,05$).

Los resultados obtenidos en este estudio no concuerdan plenamente con los obtenidos por Spiers (1984) ya que, si bien a pH 7,8 hay un menor desarrollo vegetativo, no podría asumirse toxicidad de Na porque la concentración foliar de Na no difiere significativamente de los otros tratamientos. En el tratamiento de riego con agua de pH 2, las discrepancias son sólo aparentes, ya que debido a que el riego se suspende en invierno, el pH de las mezclas suelo-aserrín no fue diferente en los distintos tratamientos con aguas acidificadas y se mantuvo en alrededor de 6,0 a 6,5 (Ferreyra *et al.*, 1998).

Desarrollo productivo

En el Cuadro 3 se entregan las mediciones efectuadas durante las siete semanas de cosecha de 1993. Se observa que en la primera semana se cosechó el 30-40% de la producción total y los frutos fueron de mayor tamaño y peso. El número total de frutos cosechados fue similar en los cuatro tratamientos, pero el diámetro promedio, el peso promedio por unidad y la producción total de frutos fueron significativamente superiores en las plantas regadas con agua de pH 2. Los otros tratamientos no mostraron diferencias significativas.

La producción total de frutos fue de 390 g/planta en los arándanos ojo de conejo regados con agua de pH 2 (Cuadro 3), la cual está dentro de los rangos normales para la tercera temporada de cultivo, aunque el peso promedio por unidad fue bajo (Spiers, 1984; Austin *et al.*, 1986).

Cuadro 3. Mediciones de producción de arándanos ojo de conejo (*Vaccinium ashei* Reade) regados con aguas de diferente pH

Table 3. Production measurements of rabbiteye blueberry (*Vaccinium ashei* Reade) irrigated with different pH waters

pH del agua de riego	Semana de cosecha (1ª de enero – 3ª de febrero 1993)							
	1	2	3	4	5	6	7	Total
				Número de frutos cosechados/planta				
2	153 a	100 a	72 a	110 a	37 a	47 ab	21 a	540 a
4	110 a	82 ab	62 a	120 a	77 a	79 ab	33 a	563 a
5	104 a	50 b	47 b	76 a	71 a	105 a	37 a	489 a
7,8	110 a	86 ab	62 a	68 a	44 a	29 b	9 b	408 a
				Diámetro de los frutos cosechados, mm				
2	12,6 a	12,8 a	12,4 a	11,0 a	10,8 a	10,5 a	9,7 a	11,8 a
4	11,4 b	11,2 b	11,2 b	10,0 ab	10,1 a	9,6 ab	8,9 a	10,5 b
5	10,2 c	10,0 b	9,7 c	9,0 b	9,2 a	9,1 b	9,0 a	9,5 b
7,8	11,0 bc	10,6 b	10,6 bc	10,2 ab	9,6 a	9,4 b	8,6 a	10,4 b
				Peso promedio por unidad de frutos cosechados, g				
2	1,02 a	0,73 a	0,71 a	0,61 a	0,59 a	0,32 a	0,30 a	0,72 a
4	0,75 b	0,62 a	0,60 a	0,42 ab	0,41 ab	0,40 a	0,29 a	0,52 b
5	0,51 b	0,45 b	0,41 b	0,33 b	0,30 b	0,31 a	0,29 a	0,38 b
7,8	0,65 b	0,64 a	0,60 a	0,29 b	0,30 b	0,29 a	0,28 a	0,51 b
				Producción de frutos/planta, g				
2	156 a	73 a	51 a	67 a	22 a	15 ab	6 a	390 a
4	82 b	51 ab	37 ab	50 ab	32 a	32 a	10 a	293 ab
5	53 b	22 b	19 b	25 b	21 a	33 a	11 a	184 b
7,8	72 b	55 ab	37 ab	20 b	13 a	8 b	3 a	208 b
				Producción de frutos, %				
2	40	19	13	17	6	4	2	100
4	28	17	13	17	11	11	3	100
5	29	12	10	14	12	18	6	100
7,8	34	26	18	10	6	4	1	100

Columnas con letras iguales no son estadísticamente diferentes según la prueba DMS ($P < 0,05$).

CONCLUSIONES

- Las concentraciones foliares de nutrientes no fueron estadísticamente diferentes en los arándanos sometidos a los distintos tratamientos. Solamente el Mn foliar fue menor en las plantas regadas con agua sin acidificar.

- Las plantas mostraron sintomatología visual de clorosis en grado creciente en los tratamientos de riego a pH 4 a 7,8 y solamente las regadas con agua de pH 2 tuvieron un color normal. La composición elemental foliar analizada no permite explicar este comportamiento.

- El número de renuevos por planta, el diámetro de la cubierta vegetal, la altura de la planta y el diámetro máximo de los tallos de los renuevos de los arándanos regados con agua de pH 2 fueron significativamente superiores al resto de los tratamientos

- El diámetro de los frutos, el peso unitario y la producción total fueron significativamente superiores en las plantas regadas con agua de pH 2 en comparación con los otros tratamientos.
- El cultivo del arándano ojo de conejo en una mezcla acidificada de suelo-aserrín y regada con agua tratada con ácido sulfúrico hasta pH 2 permitiría aprovechar las ventajas de clima y minimizar las restricciones de suelo y calidad de agua de la zona central de Chile.

LITERATURA CITADA

Austin, M.E., T.P. Gaines, and R.E. Moss. 1986. Influence of soil pH on soil nutrients, leaf elements, and yield of young rabbyteye blueberries. HortScience 21:443-445.

Caruso, F.L., and D.C. Ramsdell. 1995. Compendium of blueberry and cranberry diseases. 87 p. The American Phytopathological Society. APS Press, St. Paul, Minnesota, USA.

Cottenie, A. 1984. Los análisis de suelos y de plantas como base para formular recomendaciones sobre fertilizantes. Boletín de Suelos de la FAO 38/2. 116 p. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma, Italia.

Cummings, G.A., C.M. Mainland, and J.P. Lilly. 1981. Influence of soil pH, sulfur, and sawdust on rabbiteye blueberry survival, growth, and yield. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 106:783-785.

Ferreyra, R., J. Peralta, A. Sadzawka, J. Valenzuela, y C. Muñoz. 1998. Efecto de la aplicación de ácido sobre algunas características químicas de un suelo calcáreo. Agricultura Técnica (Chile) 58:163-170.

Horneck, D.A., and R.O. Miller. 1998. Determination of total nitrogen in plant tissue. p. 75-83. *In* Kalra, Y.P. (ed.) Handbook of reference methods for plant analysis. Soil and Plant Analysis Council, Inc. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA.

Malik, R.K., and D.L. Cawthon. 1998. Effects of irrigation water quality, soil amendment, and surface mulching on soil chemical changes in a rabbiteye blueberry (*Vaccinium ashei* Reade) planting. Available at: http://www.tamu-commerce.edu/coas/agscience/res-dlc/blueberr/blue.html. Accessed 21 Jan. 2000.

Rieger, M. 1999. Mark's fruit crops. Blueberries - *Vaccinium* spp. Available at: http://www.uga.edu/hortcrop/rieger/blueberi.htm. Accessed 21 Jan. 2000.

Spiers, J.M. 1978. Effects of pH level and nitrogen source on elemental leaf content of "tifblue" rabbiteye blueberry. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 103:705-708.

Spiers, J.M. 1982. Seasonal variation of leaf nutrient composition in "tifblue" rabbiteye blueberry. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 107:255-257.

Spiers, J.M. 1983. Influence of N, K, and Na concentration on growth and leaf element content of "tifblue" rabbiteye blueberry. HortScience 18:223-224.

Spiers, J.M. 1984. Influence of lime and sulfur soil aditions on growth, yield, and leaf nutrient content of rabbiteye blueberry. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 109:559-562.

Villanueva, J.A. 1992. Desarrollo de nuevas técnicas para el diagnóstico de la clorosis férrica en plantas. 74 p. Tesis Químico Laboratorista. Instituto Profesional de Santiago, Escuela de Tecnología, Santiago, Chile.

Wright, G.C., K.D. Patten, and M.C. Drew. 1994. Mineral composition of young rabbiteye and southern highbush blueberry exposed to salinity and supplemental calcium. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 119:229-236.