

Toxicidad por manganeso en arándanos

Diagnóstico de una sintomatología ENCUBIERTA

El manganeso está afectando seriamente a muchos huertos de arándano O'Neal. Eso explica la particular apariencia que esta variedad presenta en la zona central de nuestro país, la que contrasta con lo que es normal en otras partes del mundo. ¿Cómo y por qué?



M. Pilar Bañados, pbanados@uc.cl
Fabiola Ibáñez, fpibanez@uc.cl

El manganeso (Mn) es un micronutriente esencial para el crecimiento y desarrollo de las plantas ya que es activador de enzimas y participa en varios procesos metabólicos del tipo óxido reducción. Tanto su deficiencia como su toxicidad pueden acarrear problemas en el normal crecimiento de las plantas.

En el arándano, los niveles foliares normales de este elemento varían entre 50 y 350 ppm para los Altos del Norte y entre 25 y 100 ppm para los arándanos Ojo de Conejo, no existiendo a la fecha datos específicos para los arándanos Altos del Sur. La diferencia de niveles considerados normales entre estas dos especies de arándanos estaría indicando que existe una susceptibilidad

diferencial entre ellas, la que también podría existir entre variedades de la misma especie, o de sus híbridos.

En Chile, el arándano se encuentra distribuido desde la IV Región de Coquimbo hasta la X Región de Los Lagos, existiendo variedades del tipo Altos del Norte (Northern Highbush), Altos del Sur (Southern Highbush) y Ojos de Conejo (Rabbiteye). La variedad O'Neal, es la más plantada dentro del tipo "Alto del Sur", ocupando cerca del 70% de la superficie cultivada con esta especie en la zona centro-norte de Chile (V, RM y VI regiones). En esta zona las condiciones naturales de suelo, generalmente, no permiten el cultivo comercial del arándano, por lo que se han debido realizar numerosas

modificaciones de pH y de la textura y estructura del suelo para permitir su cultivo. Dentro de éstas se cuenta el empleo del azufre y el uso de soluciones nutritivas destinadas a bajar artificialmente el pH, y el uso masivo de aserrín de pino (mezclado o no con algún tipo de estiércol) para modificar la textura y estructura del camellón de plantación, y para ser utilizado como "mulch" superficial con variados objetivos.

Durante las últimas temporadas agrícolas en numerosos huertos de arándanos O'Neal de la zona-Central y centro-Norte de Chile, se ha detectado una sintomatología caracterizada por un encarrujamiento que deforma las hojas al detener el crecimiento apical y marginal,

llegando en los casos más críticos a quemar estos bordes o tornarse de una coloración rojiza. Este síntoma se da con mayor intensidad en el 2^{do} flujo de crecimiento. Además, la mayoría de los brotes presenta múltiples brotes anticipados y varios flujos de crecimientos que se ha denominado “escoba de bruja” terminal. La causa de esta sintomatología no está clara, y se ha atribuido a posibles virosis, múltiples ciclos de micropropagación y mezcla de tipo entre otros.

Paralelamente, en esta misma variedad, se han medido niveles foliares de Mn muy elevados entre los 350 y 550 ppm, e incluso llegando en algunos casos extremos a los 1800 ppm, niveles considerados tóxicos para esta especie. Sin embargo, hasta la fecha no existe un estudio detallado de la causa de estos niveles y de los síntomas que ellos están produciendo en los huertos de esta variedad.

En este artículo se entregan algunos antecedentes generales en relación a las formas de Mn presentes en el suelo, los factores que afectan su disponibilidad y la sintomatología que se ha observado en varios huertos, asociada a niveles crecientes de Mn en arándanos O’Neal.

Más que presentar resultados de cada situación particular, de los que no disponemos a la fecha, pretende ser un llamado de atención y conciencia de esta seria condición que está afectando a muchos huertos de O’Neal, y que explica en gran parte la particular apariencia que esta variedad presenta en la zona central de nuestro país, la que contrasta con lo que es normal para esta variedad en otras partes del mundo (Fotos 1 a 4).

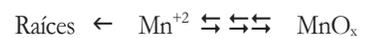
Manganeso en el suelo

El manganeso en el suelo puede encontrarse en forma bivalente (Mn+2), trivalente (Mn+3), o tetravalente (Mn+4) oxidado como MnOx. El ión bivalente puede encontrarse disuelto en la solución del suelo o en forma de ión intercambiable adsorbido sobre los coloides del suelo. Sin embargo gran parte del Mn del suelo está inmovilizado en forma de compuestos insolubles, como óxidos trivalentes y tetravalentes de Mn. El manganeso es absorbido por la planta en la forma bivalente como Mn+2 y es relativamente inmóvil, es decir se acumula en las hojas de mayor edad.

En suelos ácidos y poco aireados se favorece la

presencia de Mn+2 y en suelos bien aireados y alcalinos se favorece la oxidación del manganeso, impidiendo su absorción por la planta. La conversión del manganeso bivalente a la en forma tri- o tetravalente puede producirse también por oxidación biológica.

Reducción



Oxidación

Dentro de los factores más importantes que afectan la disponibilidad de Mn para las plantas se cuenta el pH, el exceso de agua y la falta de aireación, el contenido de materia orgánica del suelo, la aplicación de sustratos ricos en Mn y las interacciones con otros nutrientes. En suelos ácidos (o acidificados) existe una alta disponibilidad de Mn comparado con suelos alcalinos, ya que pH altos favorecen la formación de complejos orgánicos de manganeso, y la actividad de los microorganismos del suelo que oxidan el manganeso soluble, haciéndolo no disponible para la planta.

En suelos inundados, compactados, o con escasa aireación, se reduce las cantidades disponibles de O₂ y su potencial redox, lo cual aumenta el manganeso soluble, especialmente en suelos ácidos. Suelos ricos en materia orgánica reducen las cantidades disponibles de Mn debido a la formación de quelatos de manganeso, no

Tabla 1. Concentración foliar de manganeso según niveles de sintomatología en plantas de Arándano cv O’Neal.

Nivel	Concentración foliar de manganeso (ppm)	Concentración de manganeso en el suelo (ppm)	Concentración de Mn en el sustrato de camellón (aserrín de pino + guano)
1	223	15	355
2	426	14	418
3	476	23	473

disponibles (Havlin et al.,1999). Altos niveles de cobre, fierro o zinc, pueden reducir el manganeso absorbido por las plantas por interacciones entre ellos, donde la interacción manganeso-fierro es la más conocida.

En el caso del arándano la toxicidad por Mn podría generarse en variedades sensibles a este elemento como O'Neal, debido al aumento de Mn²⁺ en el suelo o en el sustrato donde están creciendo las raíces. Esto podría resultar cuando se utilizan suelos ácidos o acidificados artificialmente, o cuando se emplean sustratos ricos en Mn, o cuando existen niveles bajos de materia orgánica, o compactación y falta de oxígeno en el suelo asociados a manejo inadecuado del agua, o bien, y lo más probable cuando existe una combinación de uno o más de estos factores.

Síntomas asociados a niveles tóxicos

Excesos de Mn en arándanos causan clorosis intervenal con

presencia de moteados púrpuras de alguna intensidad, la cual se desarrolla primero en hojas maduras terminales y luego se extiende basipetalmente. También pueden desarrollarse pequeños puntos necróticos en las hojas (Caruso y Ramsdell, 1995).

En otras especies se ha reportado que elevados niveles foliares de este elemento producen una elevada actividad de las enzimas AIA-oxidasa y polifenol-oxidasa, que degradan a la auxina ácido-indol-acético (AIA), produciendo una pérdida de la dominancia apical y por lo tanto estimulando la emisión de múltiples brotes anticipados cortos (tipo escoba de bruja). Además la AIA está involucrada en el transporte de calcio hacia los puntos en crecimiento como ápices y hojas nuevas. Esta falta de AIA produce una deficiencia inducida de calcio lo que afecta sus niveles normales, produciendo hojas encarrujadas y pequeñas. Este problema es inducido también por altos niveles de Mn (Marschner,

1995). Estos síntomas no han sido reportados previamente en arándanos, pero describen exactamente la sintomatología detectada en O'Neal, y es lo que nos dio la clave para el diagnóstico de este problema.

La toxicidad por manganeso, en casos severos causa también un estrés general a la planta reduciendo el crecimiento vegetativo y el peso seco. La concentración a la cual ocurren los síntomas de toxicidad es usualmente menor que la que causa la disminución en el peso seco (El-Jaoual y Cox, 1998). La concentración crítica de manganeso asociada con daños es variable entre y dentro de las especies debido a las amplias diferencias de tolerancia al manganeso. Se ha definido como nivel crítico de toxicidad aquella concentración de manganeso foliar que causa un 10 % de disminución en el peso seco de la planta. Este valor no ha sido determinado para el caso de arándanos.

Sintomatologías particulares del arándano O'Neal

Tratando de buscar las razones que expliquen las particulares características de crecimiento que se han observado en varios huertos de la variedad O'Neal en la zona central de Chile, y de relacionar lo descrito en la literatura para otras

Figura 1: Clasificación de brotes de arándano O'Neal de acuerdo a la presencia de síntomas utilizado en el muestreo. Brotes recolectados a fines de temporada en febrero 2005, en la zona de Requinoa, VI Región.



especies con esos síntomas, es que durante los meses de febrero y junio de 2005 se realizó un estudio destinado a asociar los niveles foliares de algún elemento con estas características. La sintomatología observada consiste en hojas chicas, encarrujadas o alargadas, con bordes rojizos y mayor intensidad en el 2do flujo de crecimiento; brotes con múltiples anticipados cortos y varios flujos de crecimientos que se ha denominado “escoba de bruja” terminal (Foto 1).

Para esto se trabajó en un huerto severamente afectado con los síntomas descritos, pero con intensidades variables en las plantas del huerto. Se clasificaron plantas de acuerdo a la severidad de los síntomas en nivel 1, 2 y 3 según lo que muestra la Figura 1. El nivel 1 correspondió a plantas con los síntomas más leves encontrados en el huerto y el nivel 3 a los más severos. El criterio utilizado para esta clasificación se basó

en el tamaño de las hojas, en los flujos de crecimiento y en las ramificaciones y síntomas de brotes anticipados múltiples.

Se analizaron muestras foliares de plantas de cada nivel, muestras de suelo bajo cada planta y del sustrato utilizado como mulch, (aserrín + guano de pollo).

Además del análisis químico, se

caracterizaron las hojas y las yemas florales entre los distintos niveles.

Resultados obtenidos



Foto 1. Síntomas de brotes múltiples en terreno.

Los resultados analíticos de las muestras foliares recolectadas a comienzos de Marzo muestran niveles tóxicos y crecientes de Mn (Tabla 1). Todas las muestras tienen niveles elevados a tóxicos, sin embargo las concentraciones fueron crecientes a medida que el nivel del síntoma fue mayor. El resto de los elementos analizados se encontró en sus

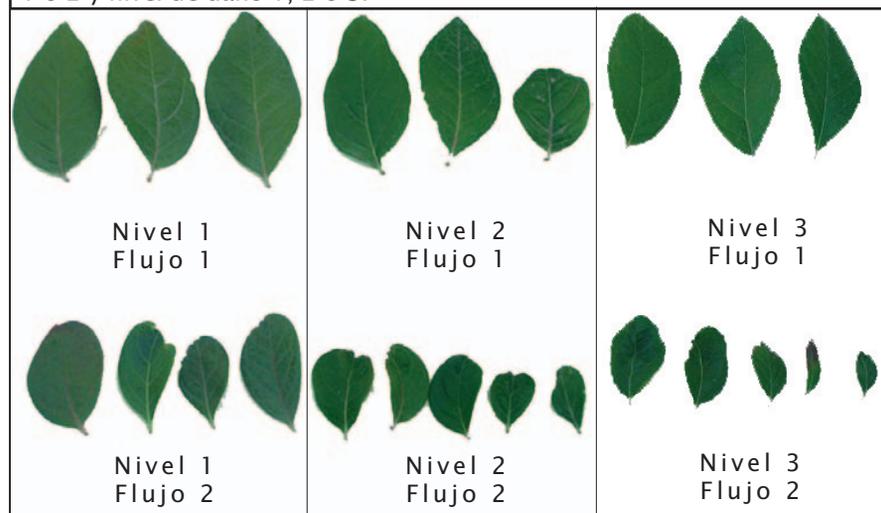
rangos normales con la excepción del Nitrógeno, que estaba bajo lo normal en todos los casos, y del potasio en niveles superiores a lo normal en todos los casos. De todos modos este análisis fue realizado en una época fuera de la considerada adecuada para los estándares establecidos, por lo que sirve más bien como medida de comparación entre niveles, y de verificación de aquellos elementos acumulados en las hojas.

Cuando se establecieron relaciones con el calcio se pudo verificar que la relación Ca/Mn bajó de 41 a 21 en las hojas maduras del nivel 1 y 3 respectivamente. Por lo que especulamos que las deformaciones que sufren las hojas serían producto de una deficiencia inducida de Calcio en su relación con niveles tóxicos de manganeso.

Efecto en los flujos de crecimiento, tamaño de las hojas y yemas florales

A medida que aumentó el nivel

Figura 2: Detalle de las hojas según nivel de daño. Hojas separadas por flujo 1 ó 2 y nivel de daño 1, 2 ó 3.



de daño se pudo observar un aumento en la emisión de brotes anticipados llegando incluso a 4 y 5 flujos en una temporada, y a la presencia de

Foto 3. Plantas con brotes normales de O'Neal.



hojas chicas y encarrujadas tanto el primer flujo de crecimiento como en los posteriores. Hojas del flujo 1 fueron siempre más grandes que las del flujo 2 y posteriores, y se reducen aun más con el aumento del nivel de daño. El nivel 3, presento las hojas más chicas (Figura 2) y la mayor concentración de manganeso. El 2do flujo fue de menor tamaño que el 1er flujo de crecimiento.

Caracterización de yemas florales

También se quiso medir el efecto de la toxicidad en el número y peso de las yemas florales por nivel de daño y flujo de crecimiento. El peso seco promedio por yema floral

varió según el nivel de toxicidad y flujo de crecimiento. Los niveles que presentaron daños más severos, tienen yemas más chicas (7,7 mg) comparadas con aquellas yemas promedio del nivel 1 (10, 3 mg). Además las yemas presentes en plantas con solo 1 flujo de crecimiento (muy escasas en este huerto) presentaron yemas florales grandes de 26,8 mg, comparadas con aquellas de los flujos 3 al 5 con solo 7 a 10 mg/yema. Esto sin duda tendrá un efecto en los calibres potenciales de los frutos.

Análisis de suelo y del sustrato sobre el camellón

Los resultados del análisis de suelo indicaron pH entre 5,3 y 5,7 y niveles de Mn entre 14 y 23 ppm pero crecientes según el nivel de síntomas. En general no se detectaron problemas de fertilidad y la mayoría de las concentraciones de nutrientes estaban dentro del rango adecuado, incluido el Manganeso, por lo tanto podríamos pensar que el origen del problema no está exclusivamente en los niveles de Mn en el suelo (Tabla 1).

El análisis nutricional del sustrato utilizado como mulch (Tabla 1) muestra que existen niveles muy elevados de Mn y crecientes según el nivel de síntomas. Plantas del nivel 3

tienen sustratos con los niveles más elevados de Mn (473 ppm).

Estos resultados hacen pensar que este sustrato puede ser el causante de los altos niveles de Mn medidos en las hojas de arándanos O'Neal. El mulch analizado contiene aserrín de pino insigne y guano de pollo, sustratos que presentan en forma individual niveles altos de manganeso cercanos a los 80 y 400 ppm respectivamente.

Conclusiones

Como resultado de estos antecedentes generales, de la revisión de literatura en relación a los síntomas de toxicidad por manganeso, y de los resultados analíticos obtenidos en el huerto muestreado en 2005, a la fecha podemos concluir lo siguiente:

1. Los síntomas de brotación con numerosos laterales anticipados en brotes, la pérdida de la dominancia apical (brotes tipo escoba de bruja), hojas chicas y



Foto 2. Síntomas en terreno.

encarrujadas en arándanos O'Neal, se asocian con elevados

niveles de manganeso foliar.

2. Estos elevados niveles estarían induciendo problemas en el metabolismo de las auxinas y del calcio, aspecto que es fundamental estudiar.

3. El nivel de los síntomas se correlaciona con aumento de las concentraciones foliares.

4. El nivel foliar crítico para esta variedad debe ser determinado. Las evidencias que tenemos a la fecha nos permiten indicar que concentraciones superiores a las 150 ppm podrían producir algún grado de la sintomatología aquí descrita.

5. La intensidad lumínica podría estar afectando el nivel del daño, o bien la sombra reducirlo, ya que plantas cercanas a la malla rachel presentaron menor incidencia de síntomas.

6. Los niveles de Mn en el suelo no son tan altos como se esperaría para la producir la ocurrencia de estos síntomas, pero si aumentan con el nivel de daño.

7. El sustrato empleado como mulch (aserrín de pino+guano) tiene niveles muy altos de Mn los que son la causa más probable de esta toxicidad en plantas jóvenes de arándanos. Además es en ese sustrato donde se desarrollan gran parte de las raíces, y es el que se repone permanentemente en los huertos.

8. El daño induce flujos sucesivos de brotes, y yemas florales pequeñas lo que puede traer consecuencias en

el tamaño de los frutos.

Todavía falta mucho por hacer, es necesario cuantificar el efecto que tiene esta toxicidad en el tamaño y calidad de los frutos de arándanos, así como diseñar las estrategias adecuadas para su corrección. Es importante medir los niveles de

Foto 4. Arriba: Hojas chicas encarrujadas y con bordes rojizos. Abajo: Planta normal y planta con síntomas en la misma hilera.



manganeso en diferentes sustratos, cuantificar de qué modo el pH y las prácticas culturales que estamos usando en arándanos afectan su disponibilidad y la sintomatología descrita. Es fundamental además cuantificar la importancia económica de este problema sobre la producción total de fruta en los huertos de O'Neal en las diferentes zonas de nuestro país. No sabemos tampoco si estos elevados niveles de manganeso se repiten en otras variedades y

zonas, y qué síntomas puede estar causando. Algunas evidencias analíticas nos hacen sospechar que esto sí podría estar ocurriendo.

Finalmente, para verificar si los niveles foliares de este elemento son normales en sus huertos, le recomendamos realizar un análisis foliar en hojas maduras totalmente expandidas entre fines de diciembre y mediados de febrero (en la zona central de Chile). De esta forma, podrá asegurarse que sus niveles se encuentren en rangos adecuados, o bien diseñar estrategias para su corrección.

Literatura consultada

*Caruso, F. 1995. Compendium of Blueberry and Cranberry Diseases. 87 pp.

*El-Jaoual, T. y D. Cox. 1998. Manganese toxicity in plants. J. Plant Nutr. 21(2): 353-386.
Havlin, J., J. Beaton, S. Tisdalle y W. Nelson. 1999.

*Micronutrients, p 245-299. En: Soil Fertility and Fertilizers. New Jersey. Prentice Hall.

*Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. Academic Press, London.

*Silva, H., J. Rodríguez. 1995. Corrección de las deficiencias de magnesio y Micronutrientes, p 309-356. Fertilización de plantaciones Frutales. Santiago, Chile. Colecciones en Agricultura Facultad de Agronomía, PUC. ■