

Clorosis Férrica en Especies Frutales: Nuevas Alternativas de Corrección

RUIZ, R., FERREYRA, R., RECKMAN, O y F. CASADO .
INIA CRI La Platina
SOTOMAYOR, C y J. CASTRO.
Facultad de Agronomía, PUC.

INTRODUCCIÓN

El intento de corrección del déficit de hierro es muy antiguo y no es el propósito del artículo detallar todas las investigaciones que se han hecho a nivel mundial y local. A modo de resumen se puede señalar que los quelatos de Fe aplicados al suelo son los que han dado los mejores resultados corrigiendo en un 100% el problema. (Stewart y Leonard, 1952; Chen y Barak, 1982). El problema es su alto costo.

A nivel local, además de quelatos, se han probado en el pasado diferentes tratamientos correctivos tales como; aplicaciones de azufre localizado al suelo, sulfato ferroso al suelo, inyecciones al tronco con sulfato ferroso diluido, aspersiones foliares con productos portadores de hierro. Al respecto, Ruiz et al (1984) luego de ensayos de tres temporadas en durazneros creciendo en suelos calcáreos de Chacabuco (R.M.) y Colunquén (V región) indican que los resultados no fueron concluyentes respecto del azufre, del sulfato ferroso y de las inyecciones al tronco. Las aspersiones foliares con sulfato ferroso al 1% o con quelatos fueron poco eficientes a menos de que se efectuaran aplicaciones semanales lo que implica un alto costo en la temporada. Razeto y Rojas (1977), en suelos menos calcáreos de la zona de Santiago,

encontraron efectos positivos de la adición de S o sulfato ferroso, aún cuando en una primera experiencia los resultados no fueron concluyentes. Posteriormente (Razeto, et al, 1984) bajo riego por goteo, indican que la acidificación leve del suelo (0,5 unidades de descenso de pH en el suelo) logró en estos suelos alguna mejoría del problema pero inferior a quelatos, mientras el sulfato ferroso fue de nulo efecto.

Ambos investigadores (Ruiz y Razeto) indican, al igual que la experiencia mundial, que la corrección total del problema se logra con quelatos al suelo. Ya se ha indicado el alto costo que esto representa pero además, se ha demostrado que no existe efecto residual de los quelatos aplicados al suelo en el caso de suelos calcáreos (Ruiz, et al, 1984), lo cual obliga a su aplicación año a año representando un alto costo anual.

En el presente artículo se presentan resultados de dos proyectos INNOVA recientemente concluidos que aportan nuevas alternativas para la solución del problema. Estas líneas se refieren a; uso de portainjertos (para el caso de durazneros), acidificación del agua de riego y aspersiones foliares en paltos.

USO DE PORTAINJERTOS EN DURAZNERO —

El duraznero está dentro de las especies más sensibles a problemas de clorosis férrica. En el país los problemas ocurren asociados a suelos de naturaleza calcárea y en un número menor de casos, a riego con aguas altas en bicarbonatos o en áreas contaminadas con cobre (ver parte I). En el caso de durazneros y como parte de un proyecto INNOVA se evaluaron diferentes patrones con el fin de seleccionar los de mejor pronóstico productivo frente a condiciones de suelos con limitaciones, a saber; suelos de texturas finas, suelos salinos y suelos calcáreos.

Para el caso de los suelos calcáreos los experimentos se llevaron a cabo en contenedores de 200 lts regados por goteo, llenos con un suelo inductor de problemas de clorosis férrica de la localidad de Lampa, probándose 5 portainjertos más el testigo Nemaguard. Si bien los resultados obtenidos en contenedores tienen limitantes ya que se altera la condición física natural, el enraizamiento y otros aspectos, son una buena base primaria de información.

Las características químicas de interés del suelo empleado para estudiar la clorosis férrica fueron las siguientes.

VARIABLE	NIVEL DETERMINADO	CALIFICACIÓN
pH	8,2	Adecuado
Cond. Eléctrica (dS/m)	0,8	Adecuado
Fe-DTPA (mg/kg)	4,9	Bajo
Carbonatos(%)	10,5	Alto
Caliza activa (%)	6,3	Moderado-Alto



Foto 1. Portainjerto Cadaman, sin clorosis férrica.



Foto 2. Portainjerto Nemaguard, con síntomas de clorosis férrica.

Plantas Ruby Diamond fueron injertadas en Nemaguard, Atlas, MRS 2/5, Cadaman Avimag, GF 677 y GxN 15. Se consideraron 12 repeticiones.

Al cabo de tres años de evaluación se pudieron apreciar severos síntomas de deficiencia de hierro en Nemaguard, moderados en Atlas y leves a nulos en el resto de los portainjertos indicando que estos portainjertos son eficientes para absorber hierro en este tipo de suelos (**fotos 1 y 2**).

Las determinaciones químicas relevantes efectuadas en hojas del tercio medio de la planta en el mes de Febrero se indican en el **Cuadro 1**.

Los resultados confirman en gran medida las observaciones visuales; el Fe activo o Fe⁺² es significativamente menor en Nemaguard, el que se iguala a Atlas. Los valores SPAD resultan más sensibles para separar las diferencias observadas; los valores en Nemaguard son prácticamente la mitad de los determinados en los portainjertos sin o con leves síntomas, mientras Atlas se diferencia de los otros portainjertos.

Por otra parte se confirma la inutilidad del análisis foliar convencional para el caso del hierro; todos los valores son prácticamente iguales y están muy sobre el nivel crítico que algunos autores se aventuran en señalar para durazneros (100mg/kg de acuerdo a Reuter y Robinson, 1997).

El dato de productividad-calidad de fruta asociado a cada combinación injerto-portainjerto

es muy referencial tratándose de plantas en contenedores a la tercera hoja. Aún así se puede señalar que los mayores rendimientos de fruta por planta se obtuvieron en Cadaman y Atlas. Respecto del peso del fruto este fue mayor en MRS 2/5 y GN 15, mientras el mayor número de frutos se obtuvo en Cadaman. Nemaguard tuvo el comportamiento más bajo.

Como conclusión, el uso de portainjertos como Cadaman, GF 677 y GN 15 son una alternativa real frente a la plantación de durazneros en suelos inductores de clorosis férrica.

ACIDIFICACIÓN DEL AGUA DE RIEGO —

La clorosis férrica se genera por condiciones químicas complejas del suelo asociadas a la presencia de carbonato de calcio, pH alcalino, aireación-drenaje del suelo y actividad respiratoria de las raíces (Ruiz et al, 2007). En definitiva lo que provoca el problema es el ion bicarbonato cuya concentración es variable y dependiente de los factores antes indicados. Como parte de un proyecto INNOVA sobre acidificación de la rizósfera en paltos, se diseñó un experimento en

CUADRO 1. NIVELES DE FE TOTAL, FE⁺², VALORES SPAD (MINOLTA-502) Y GRADO DE CLOROSIS EN HOJAS DE DURAZNERO.

PATRÓN	FE TOTAL (mg/kg)	FE ⁺² (mg/kg)	SPAD	CLOROSIS
GF 677	357 a	26,4 a	42,6 a	Leve-Nula
GxN 15	356 a	25,1 a	42,1 a	Leve-Nula
Cadaman	359 a	23,0 a	41,9 a	Leve-Nula
MRS 2/5	319 b	23,5 a	42,0 a	Leve-Nula
Atlas	326 b	19,2 ab	36,8 b	Leve
Nemaguard	330 ab	12,3 b	21,6 c	Severa

el que se provocó artificialmente la acidificación del agua de riego vía ácido sulfúrico para llevar el agua de riego del predio a un pH alrededor de 3,5 o de 5 y por esta vía atenuar la acción de los bicarbonatos. La hipótesis parte de la base que es imposible desde el punto de vista práctico neutralizar totalmente los carbonatos presentes en el suelo del experimento ya que por cada kg de CaCO₃ se requiere prácticamente de 1 kg de ácido sulfúrico concentrado. Esto fuera de llevar a costos prohibitivos provoca un fuerte incremento de la salinidad (Ferreira et al, 2007). Lo que se pretendió en este proyecto fue provocar un cambio de pH lo más sostenido posible en el suelo (al menos durante el tiempo de riego) que permita la absorción de suficiente Fe⁺². Adicionalmente se probó en estos ensayos un fosfato de hierro

(vivianita) con algunos resultados positivos en prevención de la clorosis férrica en olivos, en España (Rosado, R. et al, 2002). El producto se aplicó localizado en pequeñas zanjas bajo las líneas de microaspersión.

Los tratamientos se aplicaron a árboles Hass, en plena producción, plantados en camellones, en la zona de Cabildo con presencia de clorosis férrica. El suelo es de pH 8,2 y con 5% de carbonatos y 4-8 meq/l de bicarbonatos. Previamente se calificaron los árboles bajo tratamiento de acuerdo al grado de clorosis férrica inicial basado en la sintomatología visual, a saber; sin síntomas leves, moderados, fuertes y severos.

Los resultados fueron evaluados en función del cambio en la sintomatología visual del déficit, determinaciones productivas, índices químicos del Fe en las hojas y análisis vía SPAD.

RESULTADOS DE LA ACIDIFICACIÓN DEL AGUA

Los efectos al cabo de tres temporadas de aplicación de ácido indicaron nula corrección de los síntomas en los casos de árboles en la categoría fuerte y severo, algunos de los cuales murieron en el curso del experimento. Alguna corrección se observó en árboles calificados como bajo déficit moderado y leve, cambiando a categoría leve o sin síntomas respectivamente. El resultado correctivo es pobre considerando el costo en el uso de ácido que alcanzó entre 16 y 22 lts/há en cada riego para el pH 3,5 y entre 10 y 13 lts. por riego para el pH 5,0 (Ferreira et al, 2007).

Los efectos de la acidificación en los niveles de Fe⁺² en árboles con niveles moderados de síntomas se indican en el **cuadro 2**.

De acuerdo a lo anterior se aprecia un ligero incremento del Fe activo por efecto de la acidificación en este tipo de árboles (síntomas moderados) pero que como se indicara antes, no llevó a la eliminación del problema.

En resumen en este tipo de suelo el efecto correctivo de la acidulación del agua es nulo en árboles fuertemente afectados y bajo en árboles con síntomas moderados, con un costo superior al beneficio. Es probable que estos efectos resulten rentables en suelos con menores niveles de carbonatos. En cuanto a la vivianita, no se observaron efectos correctivos de la misma.

CUADRO 2 EFECTO DE ACIDULACIÓN DEL AGUA EN LOS NIVELES DE FE ACTIVO EN HOJAS DE PALTOS CON SÍNTOMAS MODERADOS DE CLOROSIS FÉRRICA EN DOS TEMPORADAS.

TEMPORADA	TESTIGO (pH 7,6)	pH 4,8	pH 3,3
2005-2006	15,0	17,9	16,5
2006-2007	12,5	15,0	14,8

Foto 3. Síntomas fuertes de clorosis férrica en hojas nuevas.



ASPERSIONES FOLIARES CON SULFATO FERROSO ACIDIFICADO EN CABILDO

De acuerdo a antecedentes recientes obtenidos en paltos afectados de clorosis férrica en Florida (USA), aspersiones foliares repetidas de sulfato ferroso (al 0,4%), acidificado a pH 3, más el surfactante Freeway tuvieron éxito en el control de clorosis férrica. (Crane et al, 2007).

A partir de esa información se planificó un experimento en paltos de la zona de Cabildo afectados de clorosis férrica. Se aplicaron los mismos productos y concentraciones de sulfato ferroso a árboles afectados clorosis moderada a fuerte (**Foto 3**), en un plan que contempló aplicaciones mensuales con diferentes fechas de inicio, a saber; septiembre, (inicio de brotación) octubre, noviembre, diciembre, enero, febrero y marzo. De esta manera el tratamiento que se

FIGURA 1. EFECTO DE LA APLICACIÓN FOLIAR DE SULFATO DE HIERRO ACIDIFICADO Y SURFACTANTE FREEWAY EN CABILDO.

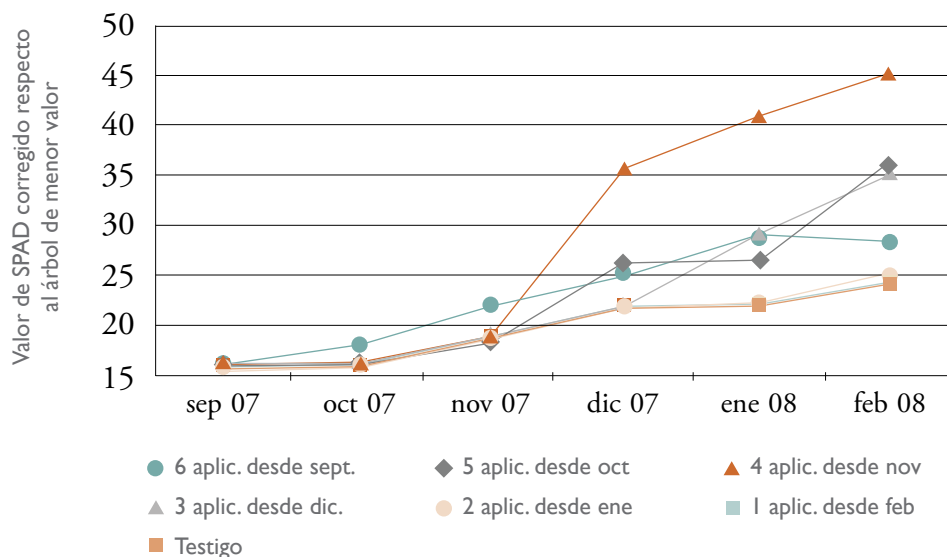


Foto 4. Quemadura por efecto de aplicaciones tempranas de Fe SO₄ acidificado a pH 3.0.

inició en septiembre contempló 7 aplicaciones y el de febrero sólo 2.

Los resultados evaluados mes a mes en los árboles aplicados vía SPAD se presentan en la **figura 1**, indicaron clara respuesta positiva a las aplicaciones.

Los tratamientos que se iniciaron temprano (Septiembre-Octubre) produjeron daño de quemadura en las hojas nuevas afectando también las flores. (**Foto4**). Por otra parte, la mejor respuesta se produjo aplicando a partir de Noviembre, la

que puede establecerse como la fecha óptima.

NALTAGUA

A modo de validación de estos resultados, durante la temporada 2008-2009 se planificaron experimentos adicionales en paltos nuevos (1 año), con problemas de clorosis férrica fuerte a moderada en la localidad de Naltagua. Los suelos son inductores de problemas de clorosis

férrica, presentando pH alcalino (7,9) y 1,75% de caliza activa. Se efectuaron aspersiones foliares sobre 25 árboles afectados desde el mes de Noviembre hasta Febrero pero a diferencia de Cabildo se acidificó el pH de la solución a 4,0 y no se utilizó surfactante. Los resultados fueron positivos en la recuperación de paltos moderada y fuertemente afectados de clorosis férrica. Por otra parte el efecto de quemadura foliar se apreció sólo en 1 de 25 árboles bajo ensayo. De acuerdo a estos resultados puede adoptarse esta metodología como correctora del problema en paltos. Para hacerla extensiva a otras especies será necesario efectuar pruebas de terreno específicas. **RF**

LITERATURA CONSULTADA

- Crane, J., Schaffer, B., Li, Y.C., Evans, E., Montas, W., and L.Chungfung. 2007. Effect of foliarly-applied acids and ferrous sulfate on iron nutrition of avocado trees. Univ. of Florida. <http://www.avocadosource.com/wac/6/en/extenso/3a-94.pdf>.
- Chen Y and barak, P. 1982. Iron nutrition of plants in calcareous soils. *Advances in Agronomy* 35:217-240.
- Ferreyra, R., Selles, G., Ruiz, R., Gil, P. y C. Barrera. 2007. Manejo de la clorosis férrica en paltos. *Boletín INIA* N° 181, 58 p.
- Razeto, B. y S. Rojas. 1977. Tratamientos correctivos de clorosis férrica en durazneros. *Investigación Agrícola (Chile)* 3:17-22.
- Razeto, B., Selles, G., Stockle, C. y J. Cobo. 1984. Tratamiento de la deficiencia de hierro en durazneros regados por goteo. *Agric. Tec. (Chile)* 44(1): 89-91.
- Rosado, R., del Campilla, M.C., Barrón, V. y Torrent, J. 2000. Lonyterm effect of vivianita in preventing iron chlorosis in olives on calcareous soils 10th International Symposium on Iron Nutrition and Interactions in Plants. Houston, USA.
- Ruiz, R., Sotomayor, C. y G. Lemus. 1984. Corrección de clorosis férrica en nectarinos y efecto residual. *Agric. Téc. (Chile)* 44(4)305-309.
- Ruiz, R., Ferreira, R. y G. Selles. 2007. Cap.7 Manejo de suelos y nutrición en suelos con problemas de aireación. En: *Manejo de Riego y Suelo en Palto*. Boletín INIA N° 160 p.101-112.
- Reuther, D.J. and J.B. Robinson. 1997. *Plant Analysis. An Interpretation manual*. CSIRO Publications, Australia. 572 p.
- Stewart, I. and C.O. Leonard. 1952. Chelates as sources of iron for plants growing in the field. *Science* 116:564-566.