

CORRECCION DE CLOROSIS FERRICA EN NECTARINOS Y EFECTO RESIDUAL¹

Iron chlorosis correction in nectarines and residual effect

Rafael Ruiz S.², Carlos Sotomayor S.³ y Gamalier Lemus S.⁴

SUMMARY

A trial with different chlorosis corrective treatments for nectarines was established in two localities of Central Chile. Treatments were: 1. iron sulfate; 2. iron chelate; 3. iron sulfate + chelate; 4. sulphur; 5. iron sulfate solution injected into the trunk; and 6. check. The trees were previously classified in: no chlorosis and with slight, moderate, and severe chlorosis symptoms.

Treatment 2 showed complete correction of chlorosis symptoms, even in severely affected trees. Treatments 1 and 3 also corrected the symptoms initially, but these reappeared in late summer. Treatments 4 and 5 did not correct the symptoms satisfactorily.

Next season, chelate showed a clear residual effect in one of the localities; this coincided with a lower iron fixing capacity of the soil in this locality. The other treatments had no residual effect when they were discontinued.

INTRODUCCION

La clorosis férrica es un problema que afecta a diferentes especies dentro de los frutales que se desarrollan en la zona central y norte del país. A igualdad de suelo, los nectarinos y durazneros son las especies que resultan más afectadas, comparativamente a perales, ciruelos, damascos. Las vides de mesa son menos afectadas. La área en que se presenta el problema corresponde a suelos de naturaleza calcárea en todo el perfil o en alguna profundidad del perfil.

A pesar de que en último término se desconocen los factores que desencadenan la aparición de la clorosis férrica, en el extranjero existe bastante información en cuanto a tratamientos correctivos del problema, especialmente después de los trabajos pioneros de Stewart

y Leonard (1952). Estos autores fueron los primeros en corregir el problema mediante la agregación de quelatos de hierro. En la actualidad, múltiples experiencias demuestran que la agregación de hierro en formas quelatadas reduce las reacciones de este elemento en el suelo y permite una adecuada absorción y translocación dentro de la planta. En muchos casos, sin embargo, este tratamiento resulta altamente costoso y no puede emplearse. De allí que sea permanente la búsqueda de otros tratamientos correctivos, tales como el uso de sulfato ferroso y azufre. Experiencias nacionales (Razeto y Rojas, 1977) señalan efectos correctivos con quelatos, sulfato ferroso y azufre, aun cuando en una primera experiencia anterior los resultados no fueron consistentes (Razeto, 1965).

Las aplicaciones foliares, por otra parte, son de resultado mediocre, debido a la poca penetración y movilidad del elemento en la hoja. Esto obliga a la aplicación repetitiva del producto, a medida que el árbol crece, siendo poco práctico (Chen y Barak, 1982; Eddings y Brown, 1967).

El objetivo principal del presente trabajo fue validar información anterior en cuanto a tratamientos correctivos, incorporando algunos nuevos, en dos suelos de

¹ Recepción de originales: 28 de junio de 1983.

² Estación Experimental La Platina (INIA), Casilla 5427, Santiago, Chile.

³ Estación Experimental La Platina (INIA). Actualmente actividad privada.

⁴ Subestación Experimental Los Tilos (INIA), Casilla 5427, Santiago, Chile.

características muy diferentes, que producen problemas serios de clorosis férrica y cuyas características químicas han sido estudiadas anteriormente (Ruiz y Navia, 1982). Un objetivo secundario fue conocer el efecto residual de los tratamientos más eficientes y relacionar dicho efecto residual con las características químicas y físico-químicas del perfil de suelo.

MATERIALES Y METODOS

Los ensayos se llevaron a cabo entre 1979 y 1981, en las localidades de Chacabuco (Región Metropolitana) y Colunquén (Valle Aconcagua). Las características químicas y morfológicas del suelo ya han sido señaladas en un trabajo anterior, ya citado. Los árboles son nectarinos cv. Le Grand, de 10 y 6 años, en la primera y segunda localidad, respectivamente.

La selección de tratamientos a utilizar se efectuó tomando como base resultados obtenidos, durante la primavera de 1978, en un ensayo exploratorio en la Est. Exp. La Platina, en el cual se probaron 14 tratamientos, incluyendo aspersiones foliares con 5 productos e inyecciones líquidas en ramas y troncos. Los tratamientos seleccionados fueron:

1. Sulfato ferroso, 1 kg por árbol, localizado en pequeñas zanjas a ambos lados del árbol, coincidentes con los surcos de riego.
2. Sequestrene Fe 138, 250 g por árbol, colocado en igual forma que el anterior.
3. Sulfato ferroso, 1 kg por árbol, más 50 g de Sequestrene Fe 138, mezclados y colocados a ambos lados del árbol.

4. Azufre, 15 kg por árbol, incorporado alrededor de la planta.
5. Inyecciones al tronco con sulfato ferroso al 20%.
6. Testigo sin aplicación.

Los tratamientos fueron aplicados al inicio de la primavera del año 1979, a árboles previamente seleccionados y marcados durante el verano anterior, dentro de 3 categorías: árboles con síntomas leves; con síntomas moderados; y con síntomas severos de deficiencia de hierro. Cada tratamiento se aplicó a 4 árboles en cada categoría, mediante sorteo. La evaluación del efecto de los tratamientos se midió en base al cambio de la sintomatología carencial visual, apreciado por dos observadores, en tres épocas posteriores a la aplicación (octubre, enero y marzo).

El efecto residual se midió en la temporada siguiente, descontinuo el tratamiento a la mitad de los árboles, dentro de las categorías moderada y severa de clorosis.

RESULTADOS Y DISCUSION

Análisis foliares

Los análisis foliares efectuados previamente al inicio del ensayo (febrero 1979) en los dos sitios experimentales, se presentan en el Cuadro 1. Estos resultados señalan escasa relación entre la intensidad del síntoma de deficiencia de hierro y los niveles de hierro foliar. Esta situación es ampliamente corroborada por la literatura (Razeto y Rojas, 1977; Osserkowsky, 1933; Brown y Jones, 1962; Del Río y otros, 1978; Ruiz,

CUADRO 1. Concentración foliar de nutrientes en árboles con diferentes grados de clorosis férrica, en dos localidades¹

TABLE 1. Foliar nutrient concentrations in trees with different levels of iron chlorosis, in two different localities (February)

Nivel de clorosis	N %	P %	K %	Ca %	Mg %	Mn ppm	Zn ppm	Cu ppm	Fe ppm
CHACABUCO									
Sin	2,54	0,28	1,30	2,6	0,38	44	14	10	194
Leve	2,64	0,22	1,45	3,1	0,54	62	14	10	176
Moderada	2,72	0,27	1,78	2,5	0,47	38	10	10	202
Severa	2,46	0,23	1,05	2,1	0,51	12	7	8	149
COLUNQUEN									
Sin	2,40	0,14	1,85	2,0	0,42	57	18	10	203
Leve	2,74	0,13	1,55	2,3	0,43	46	14	11	156
Moderada	2,58	0,12	1,71	1,9	0,51	25	15	9	173
Severa	2,39	0,14	1,49	2,0	0,47	20	10	7	157

¹ En base a hojas del tercio medio de la ramilla del año, en febrero.

Helle y Espinoza, 1980). La seguridad de que la deficiencia de hierro está presente descansa solamente en los claros síntomas visuales de ella; clorosis laminar en hojas nuevas y medias, manteniendo la nervadura verde.

De estos análisis destaca, además, el hecho de que a medida que aumenta el grado de clorosis se deprimen los niveles de zinc y manganeso. Sin embargo, sólo en el caso de árboles con síntomas severos de deficiencia de hierro, se pudo además apreciar la deficiencia de zinc en forma visual (presencia de "rosetas"). Posiblemente, en los otros casos estas deficiencias estuvieron enmascaradas por la de hierro, que es más severa. El resto de los elementos (N, P, K, Ca, Mg, y Cu) no se ven relacionados con las clorosis observadas, encontrándose a niveles adecuados, según Beutel y Uriu (1978).

Corrección de la clorosis

La evolución de los síntomas carenciales de hierro, con posterioridad a la aplicación del tratamiento, fue evaluada por dos de los autores, en tres épocas (octubre, enero y marzo), en cada uno de los cuatro árboles a los que se aplicó el tratamiento. Para comparar estadísticamente el efecto de los diferentes tratamientos, se utilizó el procedimiento de análisis de varianza y de clasificación por rangos de Kruskal-Wallis. Este procedimiento permite comparar diferencias de grado, como en el presente caso, y arrojó diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos.

Los resultados obtenidos para las dos localidades se presentan en el Cuadro 2. Cabe anticipar que el tratamiento 5 (inyección líquida al tronco) no pudo ser considerado en esta comparación, por cuanto no fue posible estandarizar su efecto, dentro de una pauta simple como la que se utilizó.

El análisis de las cifras señaladas permite distinguir claramente los tratamientos 1 (Sulfato ferroso), 2 (Sequestrene Fe) y 3 (Sulfato ferroso + Sequestrene Fe) de los 4 (Azufre) y 5 (testigo). En los tres primeros, que no mostraron diferencias significativas entre sí, se observa un claro efecto corrector, para las dos localidades, cualquiera sea el nivel de clorosis inicial. El tratamiento 4, en cambio, no diferió mucho del testigo, y mostró diferencias significativas con los tres primeros.

Sin embargo, es necesario señalar que, para efectuar comparaciones estadísticamente válidas, se ha tenido que simplificar y hacer omisión de algunos detalles de importancia. Por ejemplo, el tratamiento 1, que controló bien la clorosis leve y moderada, no lo hizo tan bien cuando el árbol presentaba síntomas severos; además, en algunos árboles (5 en Chacabuco y 1 en Colunquén) hubo una severa quemadura de hojas, unida a una defoliación posterior, daño que se recuperó

posteriormente, emitiendo el árbol hojas sanas, pero sin producción de fruta en esta temporada; también pudo observarse que, si bien controló la clorosis durante la mayor parte del período, el crecimiento de fines de verano (chupones principalmente) mostró síntomas carenciales nuevamente.

CUADRO 2. Efecto de los diferentes tratamientos correctivos en sintomatología carencial visual de Fe, en dos localidades¹

TABLE 2. Visual effect on Fe chlorosis of the corrective treatments²

	TRATAMIENTOS ³				Testigo
	1	2	3	4	
CHACABUCO					
a. Intensidad de clorosis inicial leve					
Oct.	2,00	1,00	1,00	1,50	2,50
Ene.	1,33	1,00	1,00	1,50	2,50
Mar.	1,25	1,00	1,00	2,00	2,50
\bar{X}	1,19	1,00	1,00	1,66	2,50
b. Intensidad de clorosis inicial moderada					
Oct.	1,00	1,25	1,30	3,25	3,25
Ene.	1,25	1,00	1,00	2,50	3,75
Mar.	1,50	1,00	1,25	2,00	3,75
\bar{X}	1,25	1,08	1,18	2,58	3,58
c. Intensidad de clorosis inicial severa					
Oct.	2,33	1,25	1,75	3,50	4,00
Ene.	1,50	1,00	1,75	3,50	4,00
Mar.	1,50	1,00	1,50	3,50	4,00
\bar{X}	1,77	1,08	1,66	3,50	4,00
COLUNQUEN					
a. Intensidad de clorosis inicial leve					
Oct.	1,00	1,00	1,00	2,00	1,75
Ene.	1,33	1,00	1,33	2,50	2,50
Mar.	1,25	1,00	1,25	2,00	2,25
\bar{X}	1,19	1,00	1,19	2,16	2,16
b. Intensidad de clorosis inicial moderada					
Oct.	1,33	1,25	1,33	2,75	3,00
Ene.	1,00	1,00	1,25	2,75	3,50
Mar.	1,25	1,00	1,25	2,25	3,00
\bar{X}	1,19	1,08	1,27	2,58	3,17
c. Intensidad de clorosis inicial severa					
Oct.	2,00	1,25	1,50	3,75	3,75
Ene.	2,00	1,00	1,25	3,00	4,00
Mar.	2,00	1,00	1,50	3,50	4,00
\bar{X}	2,00	1,08	1,50	3,41	3,91

¹ Notas: promedios para cuatro árboles, según la escala: 1 = sin clorosis; 2 = leve; 3 = moderada; 4 = severa.

² Grade scale: 1 = no chlorosis; 2 = slight; 3 = moderate; 4 = severe.

³ Tratamientos: 1 = Sulfato ferroso; 2 = Sequestrene Fe; 3 = Sulfato ferroso + Sequestrene Fe; 4 = Azufre.

En cuanto al tratamiento 3 (Sulfato ferroso + Sequestrene Fe) se observó que, en general, corrigió mejor el problema que 1 kg de sulfato ferroso solo (tratamiento 1), lo cual confirmaría la hipótesis que sirvió de base a este tratamiento: el hecho de rodear el quelato de hierro de un ambiente en que predominan los iones Fe, evitaría el reemplazo de Fe por Ca y la pérdida de eficiencia del producto, en condiciones de abundancia de iones Ca. El reemplazo de Fe por Ca es uno de los mecanismos de inactivación posible de los quelatos en el suelo (Norwell y Linsay, 1972).

En cuanto al azufre (tratamiento 4), se observa que en promedio produjo sólo un leve efecto corrector de la clorosis férrica. El efecto esperado del azufre es por vía indirecta: su oxidación a sulfato genera acidez, la cual favorece la presencia de iones Fe^{++} , los cuales son aprovechables por la planta. En este caso, el efecto del azufre no fue el esperado, ya que a los tres meses de la aplicación, se constató sólo una baja de tres décimas de pH en ambas localidades, lo cual es insuficiente. Es probable que el efecto tampón de estos suelos, en cuanto a la variación del pH, sea alta y explique el bajo efecto logrado con este tratamiento.

Respecto de las inyecciones al tronco con soluciones de sulfato ferroso, éstas tuvieron efectos bastantes dispares. En promedio, se observó corrección clara sólo en uno de los cuatro brazos principales que componen el árbol (formación en copa), permaneciendo el resto al nivel original de clorosis. En algunos casos, la corrección se observó sólo en una rama. En tres árboles se observaron síntomas de quemaduras, atribuibles a un exceso de concentración de la sal utilizada. Estos resultados señalan que, si bien esta técnica permitiría corregir el problema, es necesario lograr una mejor distribución en el xilema y ajustar mejor la dosis. Al respecto, cabe mencionar que últimamente se han utilizado procedimientos de inyección con soluciones fe-

rrosas a presión, que darían buen resultado (Reil y otros, 1978). Estas inyecciones implican el uso de una bomba especialmente adaptada.

Efecto residual

El efecto residual de las aplicaciones de hierro al suelo ha sido poco estudiado. Algunos trabajos señalan que, al agregar hierro al suelo en formas quelatadas, al cabo de 15 semanas permanece "disponible" sólo un 25% de lo agregado y con clara tendencia a seguir disminuyendo (Reil y otros, 1978). Otro trabajo señala que, en el caso del cultivo del sorgo, se observó efecto residual del quelato de hierro en la siguiente temporada de cultivo (Linsay, Hatgson y Norwell, 1967).

En el caso presente, el efecto residual se midió en la temporada siguiente a la aplicación, por comparación entre árboles a los que se continuó aplicando y otros a los cuales se discontinuó. Tal comparación se llevó a cabo sólo en los tratamientos que llevan quelato, sulfato ferroso y sulfato ferroso más quelato. La comparación se efectuó en árboles moderadamente y severamente afectados.

Los resultados obtenidos para los árboles no tratados en ambas localidades se presentan en el Cuadro 3.

Se observa que, para el caso de Chacabuco, existe un efecto residual de la aplicación de quelato del año anterior. Si bien el efecto no fue de una corrección absoluta durante todo el período, permitió que el árbol se mantuviera con síntomas leves de deficiencia. Los árboles a los cuales se volvió a repetir el tratamiento mostraron una corrección total del problema, al igual que la temporada anterior.

En el caso de los tratamientos 1 (Sulfato ferroso) y 3 (Sulfato ferroso + Sequestrene Fe) no se apreció nin-

CUADRO 3. Intensidad de clorosis en árboles que no recibieron tratamientos correctivos de clorosis férrica en la segunda temporada (1980-81)

TABLE 3. Chlorosis intensities observed in trees not treated the second season (1980-81)

Tratamiento ¹	NIVEL INICIAL DE CLOROSIS ²											
	CHACABUCO						COLUNQUEN					
	Moderada			Severa			Moderada			Severa		
	Oct.	Ene.	Mar.	Oct.	Ene.	Mar.	Oct.	Ene.	Mar.	Oct.	Ene.	Mar.
2	1,5	1,5	1,5	1,5	2,0	2,0	2,5	3,0	3,0	3,0	3,5	4,0
1	3,5	3,0	3,5	3,5	4,0	4,0	3,0	3,5	3,0	3,5	4,0	3,5
3	3,0	3,5	3,5	3,0	4,0	4,0	3,5	3,5	4,0	4,0	4,0	4,0

¹ 2 = Sequestrene Fe; 1 = Sulfato ferroso; 3 = Sulfato ferroso + Sequestrene Fe.

² 1 = Sin clorosis; 2 = Leve; 3 = Moderada; 4 = Severa.

gún efecto residual, pues los árboles mantuvieron prácticamente el mismo nivel de clorosis que tenían al iniciar el ensayo. Los árboles tratados nuevamente mostraron una buena corrección del problema, siempre algo inferior a quelatos.

En la localidad de Colunquén no se observó efecto residual en ninguno de los tres tratamientos. El bajo o

nulo efecto residual medido a nivel de la planta en esta localidad, aparece asociado con una mayor capacidad para "fijar" el hierro agregado como quelato, determinada en un trabajo anterior con tierra proveniente del perfil de este lugar de ensayo (Ruiz y otros, 1980). Esta hipótesis necesita de mayores evidencias experimentales para ser confirmada.

RESUMEN

Se efectuó un ensayo con tratamientos correctivos de clorosis férrica en dos huertos de nectarinos. Los tratamientos consistieron en agregaciones de quelatos de hierro, sulfato ferroso, quelato más sulfato, azufre e inyecciones al tronco con soluciones de sulfato ferroso, a árboles con distinto nivel inicial de clorosis, a saber: levemente, moderadamente y severamente afectados.

Los resultados señalaron una completa corrección del problema en las dos localidades, al agregar quelato de hierro, aun en árboles severamente afectados. El Sulfato ferroso y la mezcla de sulfato más quelato corri-

gieron el problema, aunque hacia fines de verano el síntoma reapareció. El azufre y las inyecciones al tronco no corrigieron satisfactoriamente el problema.

A la temporada siguiente a la aplicación, se observó un efecto residual claro del quelato de hierro en uno de los huertos, mientras el resto de los tratamientos no mostró efectos residuales al discontinuar la aplicación. El efecto positivo del quelato en una de las localidades coincidió con una menor tendencia a fijar el hierro demostrada por el suelo de la misma.

LITERATURA CITADA

- BEUTEL, I. and URIU, K. 1978. Leaf analysis for California deciduous fruits. En: Soil and plant tissue testing in California. Univ. Calif. Bulletin 1879. p: 11-14.
- BROWN, J.C. and JONES, W.E. 1962. Absorption of Fe, Mn, Zn, Pb, and phosphate ions by soybean roots that differ in their reductive capacity. Soil Sci. 94: 173-179.
- CHEN, Y. and BARAK, P. 1982. Iron nutrition of plants in calcareous soils. Advances in Agronomy 35: 217-240.
- EDDING, J.L. and BROWN, A.L. 1967. Absorption and translocation of foliar-applied iron. Plant Physiol. 42 (1): 15-19
- LINDSAY, W.L.; HATGSON, J.F.; and NORWELL, W.A. 1967. The physico-chemical equilibrium of metal chelates in soils and their influence on the availability of micronutrients cations. En: Int. Soc. Soil Sci., Trans. Comm. II, IV (Aberdeen, Scotland). p: 305-316.
- NORWELL, W.A. and LINDSAY, W.L. 1972. Reactions of DTPA chelates of iron, zinc, copper and manganese with soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 36 (5): 778-783.
- OSSERKOWSKY, J. 1933. Quantitative relations between chlorophyll and scions in green and chlorotic pear leaves. Plant Physiol. 8: 449-468.
- RAZETO, B. 1965. Corrección de la deficiencia de hierro en duraznero. Fac. de Agronomía, Univ. de Chile. 61 p. (Tesis mimeografiada).
- RAZETO, B. y ROJAS, S. 1977. Tratamientos correctivos de la clorosis férrica en durazneros. Investigación Agrícola (Chile) 3 (1): 17-22.
- REIL, W.; BEUTEL, J.; HEMSTREET, C.; and SEYMAN, W. 1978. Trunk injection corrects iron and zinc deficiency in pear trees. Calif. Agric. 32 (10): 22-23.
- RIO, L.A. del; GOMEZ, M.; YAÑEZ, I.; LEAL, A.; and GEORGE, J.L. 1978. Iron deficiency in pea plants. Effect on catalase, peroxidase, chlorophyll and protein of leaves. Plant and Soil 49: 343-353.
- RUIZ, R., HELLE, M. y ESPINOZA, R. 1980. Análisis de clorofila como índice indirecto de clorosis férrica en nectarinos. Agricultura Técnica (Chile) 40: 161-163.
- RUIZ, R. y NAVIA, T. 1982. Fijación de hierro en suelos de la zona central. Agricultura Técnica (Chile). 42 (3): 217-221.
- STEWART, I. and LEONARD, C.O. 1952. Chelates as sources of iron for plants growing in the field. Science 116: 564-566