

SINTOMATOLOGIA Y ETIOLOGIA DE LA AMARILLEZ DEL PERAL. CORRECCION MEDIANTE INYECCIONES DE SULFATO FERROSO¹

Symptomatology and etiology of pear yellow. Correction through ferrous sulfate injections

Jaime R. Montealegre A.², Jaime Auger S.² y Antonio Rustom J.²

SUMMARY

The research was performed, from 1982 to 1985, in an orchard located in the Metropolitan Region, Chile.

Diseased trees exhibited less development, scarce foliage and severe chlorosis, on some or all the branches. The leaves, generally, were smaller and yellow and, in some cases, with apical necrosis. Highly affected branches showed cortical necrosis, with insufficient growth, and death.

It was determined that this problem was caused by iron deficiency, according to symptomatology, graft transmission tests, electron microscopy studies, and the response to injections with antibiotics and with Fe, Mg and Zn products.

Best correction treatments were injecting 1 to 2 lt/tree of FeSO₄, in 1.7, 2.0, and 2.85% concentrations. Some of the treatments showed a small phytotoxicity, that was recoverable.

INTRODUCCION

Entre las enfermedades de importancia mundial que afectan al cultivo del peral, se encuentra aquélla conocida como 'pear decline', causada por un micoplasma, que se transmite a través de injertos y por el insecto *Psylla pyricola* Foerster (Hibino y Schneider, 1970).

Otro problema que se presenta con cierta frecuencia en el peral, es la deficiencia de hierro (Reil y otros, 1978), la que ocurre en Chile en numerosos huertos

de diferentes especies frutales; su sintomatología se manifiesta a través de una clorosis media a severa del follaje nuevo y ocurre en suelos con pH y contenido de calcio altos (Razeto, 1982; Yoshikawa, Reil y Stromberg, 1982).

El alto contenido de calcio en el suelo interfiere con la absorción y utilización del hierro por parte de la planta (Yoshikawa y otros, 1982), presentándose deficiencia de éste, que en casos extremos se manifiesta con defoliación y muerte de ramillas (Razeto, 1982) y, generalmente, afecta a sectores o grupos de árboles del huerto.

Existen antecedentes de que 'pear decline' y la deficiencia de hierro se pueden corregir a través de inyecciones: de antibióticos, en el primer caso, y con productos basados en hierro, en el segundo (Moller y otros, 1978; Nyland y Moller, 1973; Reil y otros, 1978; Yoshikawa y otros, 1982).

Durante la primavera de 1981 se detectó, en algunos huertos de perales de la Región Metropolitana de Chile, una sintomatología parecida a la causada por 'pear decline'. Sin embargo, su etiología era desconocida,

¹ Recepción de originales: 13 de octubre de 1986.

Trabajo presentado al XXXVI Congreso Anual de la Sociedad Agronómica de Chile, 12 al 16 de noviembre de 1985, Valdivia, Chile. Financiado por el Depto. de Investigación y Bibliotecas de la Universidad de Chile. Proyecto A 1484-8323.

Los autores agradecen a la Soc. Agrícola La Rinconada Ltda., y a la Soc. Agrícola Olave Hnos., por la colaboración y financiamiento en el desarrollo de esta investigación.

² Departamento de Sanidad Vegetal, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad de Chile, Casilla 1004, Santiago, Chile.

por lo que se decidió investigar la sintomatología, etiología y corrección de esta amarillez.

MATERIALES Y METODOS

La investigación se realizó entre los años 1982 y 1985, en un huerto de perales de 19 años de edad, de los cultivares Packam's Triumph y Winter Nelis, localizado en Melipilla (Región Metropolitana). El huerto presentaba árboles enfermos, con sintomatología de amarillez.

Para describir las características de los síntomas, se visitó el huerto en diferentes estados del desarrollo vegetativo de los árboles, y se tomó fotografías y notas de éstos.

La etiología se estudió por medio de la observación de preparaciones microscópicas, de material foliar sano y enfermo, utilizando un microscopio electrónico de transmisión. Paralelamente, se efectuaron pruebas de transmisión de la enfermedad, a través de injertos en patrones sanos del cv. Winter Nelis (03.08.84).

Con el fin de verificar la respuesta de la enfermedad a la estreptomomicina, clorhidrato de tetraciclina, terramicina agrícola y productos basados en hierro, magnesio y zinc, en el otoño de 1982, 1983 y 1984, se aplicaron inyecciones de estos productos en el tronco de árboles enfermos.

Para aplicar las inyecciones, se perforó bajo las ramas madres de cada árbol, orificios de 0,9 cm de diámetro y 3 cm de profundidad, en los que se atornilló un inyector, conectado a una manguera, que desembocaba a una botella metálica de 1,17 lt de capacidad, con el producto respectivo (Figura 1). La inyección se aplicó por presión de aire, el que se introdujo a la botella

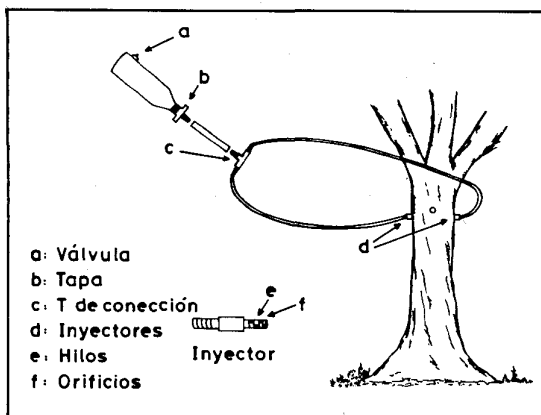


FIGURA 1. Sistema de inyección utilizado.

FIGURE 1. Injection system utilized.

por medio de un bombín de bicicleta, a través de una válvula que evitaba la salida de aquél.

Los productos, dosis y concentraciones de los diferentes tratamientos se indican en Resultados y Discusión (cuadros 2, 3 y 4) y se aplicaron en árboles del cv. Packam's Triumph, que manifestaban clorosis con nota mayor que 3,5, en una escala de 0 a 5. Cada tratamiento constó de un mínimo de 3 árboles, con igual número de testigos.

Los resultados se evaluaron en la primavera de 1982, 1983 y 1984, se expresaron a través de notas de clorosis y se sometieron a análisis de variancia y prueba de rango múltiple de Duncan.

En 1984, se tomó notas de fitotoxicidad, 48 hr después de realizado cada tratamiento, utilizando una escala de 1 a 10.

Como complemento a los demás antecedentes, se realizó análisis foliar de los árboles aparentemente sanos y de los enfermos; como también, un análisis del agua de riego y del suelo.

RESULTADOS Y DISCUSION

Sintomatología: Los árboles enfermos se encontraban dispersos en el huerto y se caracterizaban por presentar un menor desarrollo, muy poco follaje y una fuerte clorosis de algunas o todas sus ramas; las hojas de éstas, eran generalmente de color amarillo, menor tamaño y, en algunos casos, con necrosis apical. Las ramas muy afectadas presentaban necrosis cortical, escaso crecimiento y muerte.

Etiología: Acorde con el estudio en microscopio electrónico de transmisión del tejido foliar enfermo y las pruebas de transmisión mediante injertos, no se determinó la presencia de microorganismos patógenos. Además, no hubo respuesta a los tratamientos con antibióticos. Esto último, descartaría, además, que en este caso esté involucrado el micoplasma causal del 'pear decline', ya que éste es afectado por la tetraciclina (Moller y otros, 1978; Nyland y Moller, 1983; Schwarz, 1974).

Basado en lo anterior, la sintomatología (Wallace, 1961), las características del suelo y la respuesta a los tratamientos de sulfato ferroso, se determinó que esta amarillez se debía a una deficiencia de hierro.

Esta deficiencia de hierro está directamente relacionada con las características del suelo del huerto (Cuadro 1), que poseía presencia moderada a alta de carbonatos y alto contenido de calcio, características típicas de suelos donde se presenta dicho problema

CUADRO 1. Análisis de suelo del huerto estudiado
TABLE 1. Soil analysis of the orchard under study

Item	Resultado
textura	franco—arcillo—arenosa
pH	7,67
materia orgánica	2,57 ^o /o
salinidad	0,13 mmhos/cm
nitrógeno	4,00 ppm (muy bajo)
fósforo	17,00 ppm
potasio	125,00 ppm
calcio	20,25 meq/100 g (alto)
magnesio	1,77 meq/100 g (adecuado)
cinc	4,00 ppm (adecuado)
hierro	42,00 ppm (alto)
manganeso	48,00 ppm (alto)
cobre	7,00 ppm (alto)
carbonatos	+++ presencia moderada a alta

(Razeto, 1982; Reil y otros, 1978; Yoshikawa y otros, 1982).

Otro elemento con alto contenido en el suelo, fue el manganeso (Cuadro 1), que es capaz de interferir con la absorción del hierro, oxidándolo a su estado férrico, reduciendo así su obtención por parte de la planta (Erkama, 1950). Esto explicaría que, a pesar que los resultados del análisis de suelo indican que existe suficiente hierro, éste no estaría disponible para la planta, traduciéndose entonces en una deficiencia. Lo anterior se vería agravado, aún más, considerando el alto contenido de calcio y la presencia moderada a alta de carbonatos.

Corrección mediante inyecciones de productos en base a hierro: En 1982, el tratamiento con sulfato ferroso más sulfato de magnesio, en dosis de 1 lt/árbol (Cuadro 2) a una concentración de 0,5^o/o, disminuyó la clorosis de 4,0, en el momento del tratamiento, a 1,2, después de éste. Sigue en importancia el sulfato ferroso, en concentraciones de 2; 2,85 y 1^o/o, con notas de 1,3 y 1,7 de clorosis, después del tratamiento. Sin embargo, estos tres tratamientos no presentaron diferencias estadísticamente significativas, al nivel de 5^o/o. La reducción de la amarillez se manifestó a través de una recuperación del color verde normal del forraje y el desarrollo de nuevos brotes, durante la primavera.

Es necesario destacar la falta de efecto de la estreptomycin y el poco efecto (N.S.) del sulfato de magnesio. Esto último indica que el magnesio no sería el elemento limitante en la causa de esta amarillez.

En los tratamientos realizados en 1983 (Cuadro 3), los mejores resultados también se obtuvieron con sulfato ferroso al 2^o/o, pero a diferencia de 1982, se inyectaron 2 lt/árbol de producto. El fetrilon combi rojo no se diferenció del testigo y el sulfato ferroso más sulfato de zinc, mostraron un efecto inferior a los demás tratamientos.

Los resultados en 1984 (Cuadro 4), confirman los obtenidos en los años anteriores. Las mejores respuestas correspondieron a la aplicación de sulfato ferroso, en dosis de 2 lt/árbol y en concentraciones de 1,7 y 2^o/o; le siguen en importancia el fetrilon combi rojo y sul-

CUADRO 2. Efecto de inyecciones de estreptomycin y de productos basados en hierro y en magnesio en perales (Melipilla, 15.03.82—15.04.82)

TABLE 2. Effect of streptomycin and iron and magnesium based products injected on pear trees (Melipilla, March 15 to April 15, 1982)

Tratamientos	Dosis (lt/árbol)	Concentración	Clorosis ¹	Clorosis ²
Testigo	—	—	4,5	4,50 a
Estreptomycin	6	200 µg/ml	4,8	4,50 a
MgSO ₄ x 7 H ₂ O	1	1 ^o /o	3,5	3,40 ab
FeCl ₃ x 6 H ₂ O + MgSO ₄ x 7 H ₂ O	1	0,5 ^o /o + 0,5 ^o /o	3,5	2,70 abc
FeCl ₃ x 6 H ₂ O	1	1 ^o /o	3,8	2,60 abc
FeSO ₄ comercial	1	1 ^o /o	4,0	1,70 bc
FeSO ₄ comercial	1	2 ^o /o	3,8	1,30 c
FeSO ₄ comercial	1	2,85 ^o /o	3,8	1,30 c
FeSO ₄ comercial + MgSO ₄ x 7 H ₂ O	1	0,5 ^o /o + 0,5 ^o /o	4,0	1,20 c

¹ Previa al tratamiento; ² Días después del tratamiento. Escala: 0 = sin; 1 = muy suave, leve amarillez de algunas hojas; 2 = suave, hojas de algunas ramas con clorosis suave a moderada; 3 = moderada, sobre el 50^o/o de las hojas del árbol moderadamente cloróticas; 4 = severa, la mayoría de las hojas amarillas, el árbol entero mostrando síntomas; 5 = muy severa, todas las hojas amarillas, con defoliación y muerte de ramillas.

Letras desiguales indican diferencias significativas, según Test de Duncan ($P \leq 0,05$).

CUADRO 3. Efecto de inyecciones de productos basados en hierro y en zinc en perales (Melipilla, 20.04.83)

TABLE 3. Effect of iron and zinc based products injected on pear trees (Melipilla, April 20, 1983)

Tratamientos	Dosis (lt/árbol)	Concentración (o/o)	Clorosis ¹	Clorosis ²
Testigo	—	—	4,5	4,50 a
Fetrilon combi rojo	2	0,1	4,4	4,00 ab
FeSO ₄ x 7 H ₂ O + ZnSO ₄ x 7 H ₂ O	2	1 + 1	3,8	2,80 b
FeSO ₄ comercial	2	2	4,5	1,10 c
FeSO ₄ x 7 H ₂ O	2	2	4,0	1,40 c

¹ Previa al tratamiento; ² Días después del tratamiento. Escala de 0 a 5: clave en Cuadro 2.

Letras desiguales indican diferencias significativas, según Test de Duncan ($P \leq 0,05$).

CUADRO 4. Efecto de inyecciones de clorhidrato de tetraciclina, terramicina agrícola y de productos basados en hierro y en magnesio en perales (Melipilla, 02.04.84–09.04.84)

TABLE 4. Effect of tetracycline hydrochloride, terramycine, and iron and magnesium based products on pear trees (Melipilla, April 2 to 9, 1984)

Tratamientos	Dosis (lt/árbol)	Concentración (o/o)	Clorosis ¹	Fitotoxicidad ³	Clorosis ²
Testigo	—	—	4,7	—	4,7 a
Terramicina agrícola	4	100 µg/ml	4,0	—	4,0 a
Chlorhidrato de tetraciclina	4	100 µg/ml	4,3	—	4,3 a
FeSO ₄ comercial + MgSO ₄ x 7 H ₂ O	2	1 + 1	3,6	3,0 b	2,8 b
Fetrilon combi rojo	2	2	3,5	5,5 a	2,5 b
FeSO ₄ x 7 H ₂ O	2	2	3,5	5,8 a	1,2 bc
FeSO ₄ comercial	2	1,7	4,2	5,8 a	1,1 c
FeSO ₄ comercial	2	2	4,3	4,5 ab	1,1 c

¹ Previa al tratamiento; ² Días después del tratamiento. Escala de 0 a 5: clave en Cuadro 2.

³ Escala de 0 a 10: 0 = sin hojas quemadas; 10 = todas las hojas y parte de ramillas mostrando quemado severo, a las 48 hr después del tratamiento.

Letras desiguales indican diferencias significativas, según Test de Duncan ($P \leq 0,05$).

fato ferroso más sulfato de magnesio; no hubo respuesta al clorhidrato de tetraciclina ni a la terramicina agrícola.

Es necesario destacar que, a pesar de que con todos los tratamientos realizados con sulfato ferroso durante las diferentes temporadas se logró un alto grado de corrección de la amarillez, siempre quedaron algunas pequeñas ramas del árbol que manifestaban el síntoma, debido a una mala distribución del producto. Sin embargo, este problema de mala distribución se puede subsanar, en parte, utilizando un equipo inyector diferente (Reil y otros, 1978) y/o volviendo a tratar los árboles en la temporada siguiente. La mala distribución, además produce una mayor acumulación del sulfato ferroso en algunas ramas, lo que provoca fitotoxicidad (Cuadro 4), la que se recupera en la primavera siguiente. Esta fitotoxicidad se manifiesta por

una coloración negra de las hojas y de la zona cambial de las ramas afectadas, acompañada de defoliación. Esta coloración negra de la zona cambial puede permanecer visible entre 1 a 5 meses, hasta que el producto se redistribuye totalmente. En casos extremos se puede producir agrietamiento de la corteza y muerte de ramas. Resultados similares obtuvieron Reil y otros (1978), quienes señalan que el sulfato ferroso produce menos fitotoxicidad que otros productos de hierro y, además, tiene la ventaja de ser más barato.

Otro punto importante de destacar, es que en todos los tratamientos con mayor concentración de sulfato ferroso, las ramas que recibieron mayor cantidad del producto, luego de perder su follaje, brotaron y florecieron, 1,5 meses después del tratamiento. Esta floración fuera de época, no redujo la floración normal ni la producción de frutos, lo que concuerda con resultados similares obtenidos por Reil y otros (1978).

Cabe destacar que, a diferencia de otras investigaciones realizadas en EUA (Reil y otros, 1978; Yoshikawa y otros, 1982), en este caso se observó que los árboles tratados pueden permanecer sin manifestar nuevos síntomas por más de 3 años. Los autores antes citados, señalan que los síntomas re-aparecen después de 2 años de realizados los tratamientos, siendo necesario volver a corregirlos, mediante la aplicación de nuevas inyecciones.

CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos en esta investigación, se puede concluir que la etiología de la amarillez en el peral se debe a una deficiencia de hierro, la que se puede corregir aplicando, en otoño, inyecciones de 1 a 2 lt/árbol de sulfato ferroso, en concentraciones que varían entre 1,7 y 2,850/o.

RESUMEN

La investigación fue realizada entre los años 1982 y 1985, en un huerto de la Región Metropolitana de Chile (Melipilla).

Los árboles enfermos presentaban un menor desarrollo, muy poco follaje y una severa clorosis de algunas o todas sus ramas. Las hojas de éstas eran generalmente de color amarillo, menor tamaño y, en algunos casos, con necrosis apical. Las ramas muy afectadas presentaban necrosis cortical, con escaso crecimiento y muerte.

Acorde con la sintomatología, pruebas de transmisión mediante injertos, observación de tejido enfermo al microscopio electrónico y respuesta a inyecciones de antibióticos y productos basados en Fe, Mg y Zn, se determinó que esta amarillez se debía a una deficiencia de hierro.

Los mejores resultados de corrección se obtuvieron inyectando 1 a 2 lt/árbol de FeSO_4 , en concentraciones de 1,7; 2 y 2,850/o. Algunos de los tratamientos manifestaron una leve fitotoxicidad, recuperable.

LITERATURA CITADA

- ERKAMA, J. 1950. On the effect of copper and manganese on the iron status of higher plants. En: Trace elements in Plant Physiology. Waltham, Mass, Chronica Botanica Co. p.: 53-62.
- HIBINO, H. and SCHNEIDER, H. 1970. Mycoplasma like bodies in sieve tubes of pear trees affected with pear decline. *Phytopathology* 60: 499-501.
- MOLLER, W., BEUTEL, J., BETHERL, R., and REIL, W. 1978. Pear Decline. En: Pear Pest Management. U.S., University of California, Div. of Agricultural Sciences. p.: 150-159.
- NYLAND, G. and MOLLER, W. 1973. Control of pear decline with tetracycline. *Plant Disease Reporter* 57: 634-637.
- RAZETO, B. 1982. Treatments for iron chlorosis in peach trees. *J. Plant Nutrition* 5 (4-7): 917-922.
- REIL, W., BEUTEL, J., HEMSTREET, C., and SEYMAN, W. 1978. Trunk injection corrects iron and zinc deficiency in pear trees. *California Agriculture* 32 (10): 22-23.
- SCHWARZ, R. 1974. Inyección de micoplasmicidas e insecticidas en las plantas leñosas: posible método de control de las enfermedades asociadas a los micoplasmas y sus vectores. *Boletín Fitosanitario de la FAO* 22 (1): 1-6.
- WALLACE, T. 1961. The diagnosis of mineral deficiencies in plants. 3rd ed. London, Curwen Press. 107 p.
- YOSHIKAWA, F., REIL, W., and STROMBERG, L. 1982. Trunk injection corrects iron deficiency in plum trees. *California Agriculture* 36 (2-3): 13.