

Prevención y tratamiento de la clorosis férrica del viñedo

Se pueden aplicar correctores tanto al suelo como a la planta, siendo también importantes las medidas preventivas



darse amarillo al final del período de vegetación. La clorosis de un gran número de hojas adultas potencia el desarrollo de yemas prontas, que dan lugar a nietos que a su vez quedan cloróticos, dando a la planta una forma achaparrada. La cosecha en tales casos se reduce drásticamente. Las cepas se van debilitando año tras año y acaban muriendo al cabo de un período más o menos prolongado.

El método más directo de evaluar la intensidad de la carencia de hierro es la medida del grado de amarillez (clorosis) de las hojas. El contenido foliar de clorofila puede estimarse fácilmente en campo mediante colorímetros portátiles como el denominado SPAD. Sin embargo, la clorosis de las hojas es un síntoma común de gran número de afecciones parasitarias y no parasitarias de la vid. Por otra parte, las condiciones favorecedoras de la aparición de la clorosis férrica (suelos calizos de elevado pH, portainjertos inadecuados, etc.) son similares a las que originan carencias de otros oligoelementos como el manganeso, cinc, cobre o

boro. Por todo ello, antes de plantearse cuáles serían los medios de corrección más apropiados, es necesario realizar un buen diagnóstico que confirme que los síntomas observados corresponden inequívocamente a una carencia mineral de hierro.

Para diagnosticar las deficiencias minerales se recurre normalmente a los análisis foliares. Para valorar el estado nutricional de las plantas respecto a un elemento, habitualmente se compara su concentración total en hoja con unos valores considerados como de referencia (por encima, exceso de asimilación, por debajo, carencia). Sin embargo, para el caso de la clorosis férrica, este modo de operar no es válido, ya que es muy común encontrar plantas cloróticas con concentraciones foliares de hierro significativamente superiores que las de plantas sanas. El hecho, conocido como "paradoja de la clorosis", es consecuencia de una acumulación de hierro fisiológicamente inactivo en las hojas enfermas, así como de un menor desarrollo de estas hojas, que produce un efecto de concentración del elemento en los tejidos.

Una deficiente asimilación de hierro acarrea modificaciones importantes en la absorción de otros nutrientes y, con ello, en la composición mineral de los tejidos vegetales y de la savia. Así, las concentraciones de fósforo y potasio tienden a ser más elevadas en hojas cloróticas que en hojas sanas, mientras que las de calcio tienden a ser más bajas. Modificaciones como éstas permiten que las proporciones relativas de nutrientes en limbos o peciolos puedan ser útiles como índices para el diagnóstico.

La clorosis férrica, o carencia nutricional de hierro, es una enfermedad que causa graves daños al viñedo y que es difícil y costosa de corregir. Esta deficiencia se da fundamentalmente en suelos muy calizos o con elevado pH, donde la disponibilidad del microelemento para las plantas es muy reducida. El hierro interviene en la síntesis de clorofila y su carencia modifica la estructura y la funcionalidad del aparato fotosintético, pudiendo limitar gravemente la expresión vegetativa del viñedo en todos sus componentes: vigor, rendimiento y calidad de la uva.

María Rosa González y Pedro Martín.

Departamento de Producción Vegetal y Recursos Forestales.
ETS de Ingenierías Agrarias. Universidad de Valladolid.

Los síntomas de la clorosis férrica son muy característicos. Las hojas amarillean primero en las zonas internervales y luego en todo el limbo, adquiriendo finalmente tonos muy pálidos que evidencian la ausencia de clorofila. Debido a la baja movilidad del hierro dentro de la planta, la carencia se manifiesta en primer término sobre las hojas jóvenes, pero si aparece muy a principios de primavera, todo el follaje puede que-

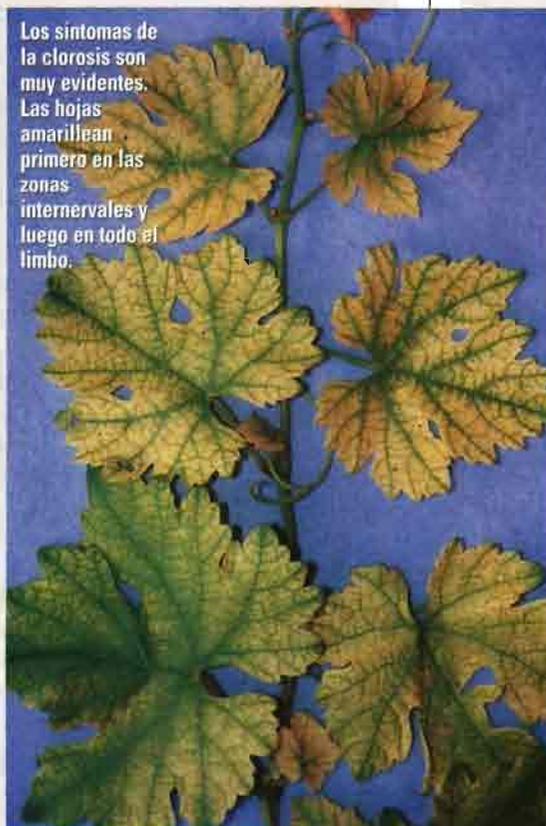
La determinación del "hierro activo" (Fe II) en los tejidos vegetales, o la medida de la actividad enzimática en rutas metabólicas donde interviene el hierro, son metodologías alternativas al análisis foliar para la detección de la clorosis férrica. Cualquiera que sea el método de diagnóstico, debe ser aplicado por personal especializado, observando las recomendaciones para el momento y la forma de muestreo y utilizando unos niveles de referencia adaptados al material vegetal y a las condiciones de cultivo concretas de cada viñedo.

► Prevención de la clorosis férrica

En la inmensa mayoría de los casos, sufrir las consecuencias de la clorosis férrica en el viñedo y tener que recurrir de modo continuado a medios químicos de lucha caros y más o menos eficientes son la consecuencia directa de un grave error: no haber elegido el portainjerto adecuado en el momento de la plantación. Antes de establecer un viñedo, es necesario disponer de un análisis químico del suelo para considerar la posibilidad de realizar enmiendas y abonados de fondo y para elegir el patrón que mejor se adapta al terreno. El patrón, al margen de otras consideraciones, debe tener unos niveles de tolerancia superiores a los registros de IPC (Índice de Poder Clorosante o cociente de la caliza activa entre el hierro asimilable) detectados en el suelo. La disponibilidad de portainjertos de vid tolerantes a niveles altos de caliza activa del suelo es muy amplia. El 41-B es el patrón que más se utiliza en los suelos calizos españoles, pero existen otros con niveles superiores de tolerancia al exceso de calcio, como el 333-EM o el 140-Ru.

En plantaciones ya establecidas, existen diversos factores que pueden minimizar o agravar la carencia de hierro y que pueden ser modificados mediante las técnicas de cultivo. Conviene conocer estas medidas culturales que, aunque no son capaces de solucionar el problema de la clorosis, sí pueden servir para retrasar la aparición de los primeros síntomas o disminuir los niveles de afectación en las plantas.

Una deficiente estructura del suelo, que acarrea una pobre aireación y excesos de humedad, favorece la acumulación de bicarbonatos e incrementa el riesgo de clorosis. Los daños provocados por la carencia de hierro se acrecientan en suelos húmedos y/o durante años de mucha lluvia. Las prácticas vitícolas conducentes a eliminar los riesgos de compactación del suelo (labores profundas, mejora de la estructura) y su alcalinización (aguas de riego apropiadas, abonos de reacción ácida),



Los síntomas de la clorosis son muy evidentes. Las hojas amarillean primero en las zonas internervales y luego en todo el limbo.

así como a evitar los encharcamientos (buen drenaje, control de la frecuencia y volumen de riegos, etc.), contribuyen a defender mejor al cultivo frente a la clorosis.

Los suelos de viñedo son por lo general muy pobres en materia orgánica y acusan con frecuencia riesgos muy elevados de erosión. Las aportaciones de materia orgánica y/o el empleo de sistemas de manejo del suelo alternativos al laboreo tradicional pueden mejorar mucho la estructura del suelo y controlar en gran medida la incidencia de la clorosis férrica. Las cubiertas vegetales, temporales o permanentes, previenen la aparición de la enfermedad al reducir la compactación del suelo, aumentar la porosidad, la filtración de agua y el contenido de materia orgánica. Recientemente se ha visto, además, que las gramíneas cultivadas en condiciones clorosantes generan unas sustancias (fitosideróforos) capaces de quelar el hierro en el suelo. Por ello, las cubiertas con especies de *Lolium*, *Festuca*, etc., podrían mejorar mucho la eficacia de los tratamientos correctores de la clorosis aplicados al suelo.

Con independencia de las medidas culturales comentadas anteriormente, cuando un viñedo presenta síntomas de clorosis férrica, es necesario recurrir a tratamientos correctores. Estos tratamientos consisten básicamente en la aportación de compuestos químicos que incrementan la disponibilidad de hierro para el cultivo. Se pueden aplicar mediante implantes sólidos en la planta, inyecciones de productos líquidos al suelo o al tronco, fertirrigación o pulverizaciones foliares.

► Aplicación de correctores al suelo

Acidificación del suelo

Una opción para luchar contra la clorosis férrica es la acidificación del suelo mediante la aplicación de ácidos orgánicos o inorgánicos o productos acidificantes como el azufre y los polisulfuros. Estos tratamientos disminuyen el pH del suelo, neutralizan los bicarbonatos, reducen la superficie reactiva de los carbonatos y aumentan la solubilidad de los óxidos de hierro. Sin embargo, el empleo de esta técnica en viticultura está muy limitado debido a que es necesario aplicar grandes cantidades de producto, con unos costes difícilmente asumibles.

Sales inorgánicas

El sulfato ferroso, el nitrato férrico o el fosfato ferroso son algunas sales inorgánicas empleadas como fertilizantes férricos. El sulfato ferroso fue el producto más frecuentemente utilizado para corregir la clorosis férrica hasta la aparición de los quelatos sintéticos. La aplicación de sulfato ferroso al terreno da resultados variables y muchas veces de poca persistencia, sobre todo en suelos muy calizos donde el hierro se inactiva rápidamente. La localización del producto es un factor crítico para conseguir una buena eficacia de los compuestos inorgánicos de hierro. La apertura de surcos profundos en el terreno cuando se emplean abonadoras localizadoras secciona parte de las raíces de la viña, lo que favorece la emisión de nuevas raicillas que garantizan la absorción del hierro aplicado.

Las sales inorgánicas de hierro no son capaces de incrementar significativamente la cantidad de hierro en la solución del suelo porque suelen ser muy insolu-

NUTRICIÓN

bles o, en caso de ser solubles, porque el hierro liberado precipita rápidamente en forma de óxidos e hidróxidos férricos. Con objeto de retrasar la oxidación de estos productos, que los inactivan si no llueve después de la aplicación, se utilizan procedimientos diversos como la mezcla con materias orgánicas (estiércol, orujos, ácidos húmicos), la aplicación con abonadoras localizadoras o el empleo en forma de soluciones acuosas. La incorporación del sulfato ferroso en disolución (2,5 al 10% en agua, es decir, añadiendo a 100 l de agua entre 2,5 y 10 kg de sulfato ferroso) es bastante efectiva.

El fosfato ferroso o vivianita ($\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8 \text{H}_2\text{O}$) presenta un elevado contenido en hierro, mayor del 30%, y unos efectos mucho más persistentes que los del sulfato ferroso. Aunque la vivianita es poco soluble al pH de la mayoría de los suelos, la liberación

de hierro se ve favorecida al irse eliminando el ión fosfato por distintas vías: absorción por las raíces, adsorción superficial en algunos minerales y precipitación al reaccionar con cationes de la disolución del suelo. El fosfato impide la formación de compuestos cristalinos de hierro, de modo que el ión ferroso liberado por la vivianita puede ser tomado directamente por las raíces o bien oxidarse y precipitar como óxidos de hierro no cristalino (ferrihidrita). Estos óxidos constituyen una fuente fundamental de hierro para las plantas en suelos calizos.

La vivianita se prepara fácilmente con productos baratos y de fácil manejo para el viticultor. En la cuba de tratamientos se añade, por cada 100 litros de agua, 2,5 kg de fosfato diamónico cristalino y 7,5 kg de sulfato ferroso, manteniendo una agitación continua en la cuba para conseguir una suspensión homogénea (20 litros contienen alrededor de 1 kg de vivianita). El producto se aplica mediante un inyector a lo largo de las líneas de cepas en distintos puntos, a unos 25-35 cm de profundidad. Se recomienda aportar en torno a 1 g de livianita por kg de suelo.

Quelatos férricos sintéticos

En los quelatos férricos sintéticos, el hierro se ve rodeado por una molécula orgánica (agente complejante) que evita su precipitación. El Fe-EDDHA y sus homólogos (Fe-EDDHMA, Fe-EDDHA y Fe-EDDCHA) son los correctores de la clorosis más eficaces en terrenos calizos, ya que son estables incluso a valores de pH de la solución del suelo superiores a 9. Los quelatos Fe-DTPA y Fe-EDTA, más baratos que los anteriores, deben emple-

Colorímetro portátil para la medida del contenido foliar de clorofila en campo.



arse exclusivamente en suelos ácidos, ya que con pH superiores a 6,5 ven desplazado el hierro de sus moléculas por elementos como el calcio, zinc y cobre, precipitando a continuación en forma de óxidos e hidróxidos insolubles.

Los quelatos sintéticos son productos más caros, pero su eficacia en la corrección de la clorosis férrica supera con creces a la de las sales inorgánicas de hierro, al menos en aplicaciones al suelo. Debido a su coste, los quelatos se emplean sobre todo en cultivos intensivos o en aquellos casos en que se requieran pocas dosis para la recuperación de las plantas. En viticultura, la aplicación de quelatos está indicada especialmente en producción de uva de mesa, aunque puede aplicarse también en uva de vinificación si la cosecha alcanza un precio suficientemente alto.

La aportación de quelatos de hierro al suelo debe hacerse antes de la brotación, a finales de invierno, localizando el producto en profundidad mediante inyectores, abonadoras localizadoras o riego localizado. La incorporación simultánea de quelatos y materia orgánica favorece la asimilación del hierro por parte de la planta. Para productos con una riqueza media entre el 5 y el 7% de hierro se recomienda aplicar 7-15 g/cepa o 100-150 g/hl. En viñedos muy afectados por la enfermedad, la aplicación en invierno no es suficiente (los quelatos tienen una presencia limitada en la rizosfera al ser muy solubles) y puede resultar necesario efectuar segundas aplicaciones durante la primavera y el verano.

La elevada solubilidad en agua de los quelatos sintéticos y su alta capacidad para secuestrar metales convierte a estos productos en peligrosos contaminantes de suelos y aguas si se usan indiscriminadamente. Los efectos dañinos que pueden producir sobre el medio ambiente son tan diversos como poco conocidos hoy día.

ambiente son tan diversos como poco conocidos hoy día.

Complejos naturales de hierro

En los complejos naturales de hierro, el agente complejante puede ser citrato, lignosulfonato, humatos u otras moléculas orgánicas. Estos productos son mucho más inestables que los quelatos sintéticos, y por ello se usan únicamente en fertirrigación o en pulverización foliar.

► Aplicación de correctores a la planta

Sales inorgánicas de hierro

Las sales inorgánicas de hierro como el sulfato ferroso son los productos más indicados para su aplicación a la planta, debido a su bajo coste y menor impacto ambiental, a pesar de que su eficacia en ocasiones no supere a la de los quelatos sintéticos.

La aplicación de sulfato ferroso en los cortes de poda es bastante efectiva y relativamente barata frente a otros sistemas de corrección de la clorosis férrica en viñedo. Para obtener buenos resultados se recomienda realizar la poda definitiva en el momento en que se hayan caído el 50% de las hojas y aplicar inmediatamente sobre los cortes de poda, con brocha, una mezcla de sulfato ferroso (400 g/l) y ácido cítrico (70 g/l) en agua. Es conveniente preparar el caldo justo antes de su aplicación.

Las inyecciones de disoluciones férricas en el tronco producen un reverdecimiento de las plantas a las pocas semanas de

la aplicación. Su empleo es interesante sobre todo en viñas jóvenes. Aunque su eficacia es moderada, los efectos del producto tienen una persistencia de unos dos o tres años. Las disoluciones más utilizadas incorporan sulfato ferroso, citrato-Fe y citrato-amónico-Fe.

Existe la posibilidad de hacer implantes de productos sólidos en el tronco y brazos de las cepas, de modo similar a como se hace en árboles frutales. Se usan pastillas elaboradas con los mismos compuestos férricos que se aplican en las inyecciones, a los que se añaden sustancias peletizantes. Los implantes se colocan en orificios de unos 8 mm de diámetro que se abren con un taladro y que se sellan luego con *mastic*. Como en el caso de las inyecciones, la persistencia del producto es de varios años.

La ventaja fundamental de las pulverizaciones foliares radica en que obvian las interacciones del producto con el suelo y las dificultades en su absorción por parte del sistema radicular de las plantas, lo que permite emplear una cantidad de fertilizante bastante más baja que la que se necesita para las aplicaciones al terreno. Como contrapartida, las pulverizaciones foliares presentan algunos inconvenientes: la fitotoxicidad de algunos productos al ser aplicados en gran concentración sobre los tejidos vegetales, la necesidad de conseguir una distribución lo más homogénea posible sobre el follaje y, sobre todo, la baja persistencia del efecto de corrección, que obliga a hacer tratamientos repetidos.

Quelatos sintéticos

En caso de aplicar quelatos sintéticos por vía foliar, no es ne-

cesario tener en cuenta su comportamiento en función del pH. Se utilizan los más baratos: Fe-EDTA y Fe-DTPA. En viñedos muy afectados por la clorosis, los tratamientos foliares a base de sales inorgánicas de hierro pueden no resultar completamente efectivos por sí mismos, pero puede ser recomendable llevarlos a cabo como complemento a los tratamientos de suelo con quelatos sintéticos. Las aplicaciones foliares deben realizarse al observar las primeras manifestaciones de la carencia en primavera. Es conveniente pulverizar el líquido en finas gotas y con maquinaria adecuada para lograr una buena cobertura del follaje y también añadir tensoactivos y mojantes que favorezcan la absorción del producto.

Complejos organominerales

Algunos complejos organominerales de hierro, como los poliflavonoides o lignosulfonatos, obtenidos a partir de subproductos de la industria maderera, son poco degradables por la luz, y por ello se pueden utilizar como correctores de la clorosis por vía foliar. Estos productos tienen gran interés en agricultura ecológica, cuya normativa reguladora permite su uso, y no el de los quelatos de síntesis. No obstante, las eficiencias obtenidas en la corrección de la clorosis con complejos naturales de hierro son muy variables en función de la naturaleza del producto y del cultivo considerados.

En fin, existe una amplia gama de tratamientos para corregir la clorosis férrica. Su efectividad, siempre limitada, depende tanto de la naturaleza del producto como de la forma de aplicación. ■

Nuevo M 105 DTQ.

105 cv impulsados por el revolucionario motor Kubota V3800-DI-TI y una caja de cambios de hasta 48 velocidades en cada sentido de la marcha".

Inversor hidráulico y Hi-Lo de serie. Tubo de escape lateral a la cabina, frenos hidráulicos en baño de aceite, incluido el freno de remolque.



Kubota

KUBOTA ESPAÑA, S.A.

Ctra. Bº de la Fortuna, s/n. 28044-MADRID

Tlf.: 91 508 64 42 / Fax: 91 508 05 22

www.kubota-spain.com

