

EL ESTUDIO SE HA LLEVADO A CABO EN VIÑEDOS DE LA DO RIBERA DEL DUERO AFECTADOS POR CLOROSIS FÉRRICA

Correlaciones entre parámetros de **composición de la uva** y niveles peciolares de nutrientes

El objetivo de este trabajo ha sido analizar las relaciones existentes entre la composición mineral de los peciolo, el contenido en clorofila de las hojas y los parámetros de vigor, rendimiento y calidad de las uvas en vides afectadas y no afectadas por clorosis férrica.

A. Catalina, P. M. Matei, R. González, M. R. González y P. Martín.

Dpto. de Producción Vegetal y Recursos Forestales. Universidad de Valladolid.

La carencia nutricional de hierro (clorosis férrica) es una patología, difícil y costosa de corregir, que causa graves daños al viñedo. La deficiencia

se produce fundamentalmente en suelos muy calizos o con elevado pH, donde la disponibilidad del microelemento es muy baja. El hierro interviene en la síntesis de clorofila y su carencia modifica la estructura y la funcionalidad del aparato fotosintético (Spiller y Terry, 1980), lo que restringe severamente la capacidad productiva de las plantas y disminuye la calidad del fruto.

El hierro actúa como cofactor en las rutas

metabólicas de síntesis de la clorofila, por lo que el efecto más visible de su déficit es el amarilleamiento de la vegetación (clorosis). Sin embargo, la medida del contenido clorofílico en las hojas no puede ser la única herramienta utilizada para diagnosticar la fisiopatía, porque la clorosis es un síntoma común de muchos tipos de estrés, tanto bióticos como abióticos, incluyendo deficiencias de otros elementos minerales distintos al hierro. Uno



Foto superior. Falta de pigmentación de hojas de vid provocada por la carencia de hierro. Foto derecha. Viñedo fuertemente afectado por clorosis férrica.

de los métodos alternativos para este diagnóstico es el análisis de nutrientes minerales en los tejidos vegetales (Abadía *et al.*, 2004).

La concentración foliar de hierro no es un parámetro válido para valorar el estado nutricional de las plantas respecto al elemento (Römheld, 1997). Sin embargo, la baja disponibilidad de hierro modifica la asimilación de otros minerales, y esto hace que las proporciones relativas de nutrientes en los tejidos vegetales puedan ser utilizadas como indicadores de la clorosis férrica. Relaciones como Fe/Mn, P/Fe y K/Ca en hoja han sido propuestas por diversos autores como parámetros de diagnóstico de la enfermedad en distintos cultivos (Belkhadja *et al.*, 1998; Abadía *et al.*, 2004; González *et al.*, 2004).

El estudio de las relaciones entre la composición mineral de las hojas y los parámetros de rendimiento y calidad de la uva es de gran utilidad para el manejo de zonas de viñedo afectadas por clorosis férrica. La información obtenida puede permitir elaborar estrategias de fertilización óptimas que, además de corregir la carencia, consideren el impacto que la asimilación de otros minerales distintos al hierro pueda tener en el comportamiento agronómico del viñedo en las condiciones de cultivo concretas de cada zona.

Los niveles de Mg, Mn y la relación Fe/Mn en las parcelas con bajo contenido en clorofila fueron significativamente superiores a los de las parcelas con contenido medio y alto. El Mn es un antagonista del Fe y, en altas concentraciones dentro de la planta, puede bloquear algunas rutas metabólicas en las que interviene el Fe

Material y métodos

La investigación se ha llevado a cabo en 2010 sobre un conjunto de veinte áreas de estudio de viñedo, afectadas y no afectadas por clorosis férrica, ubicadas en el entorno de Pesquera de Duero (Valladolid), dentro de la Denominación de Origen Ribera del Duero. Las zonas de estudio, de 10 x 10 m de dimensión cada una, corresponden al cv. Tempranillo injertado sobre 110-Richter. Las plantas se cultivan en secano y están conducidas en espaldera. Las densidades de plantación están entre 2.200 y 4.000 plantas/ha, y la carga media de poda en torno a 36.000 yemas/ha.

Los suelos son

calizos (promedio de 26,8% de carbonatos en todas las subzonas), de textura franco arcillosa, con un contenido en materia orgánica en torno a 0,73%. El pH medio de los suelos es 8,6 y los niveles de caliza activa en las capas superficiales están entre 3,3 y 15,5%, con valores crecientes en profundidad. Siendo el patrón 110-R sensible, la amplia variación existente en estos parámetros hace que se puedan identificar zonas de estudio afectadas y no afectadas por la clorosis férrica.

La campaña de 2010 estuvo marcada por la existencia de un amplio periodo de heladas



SOP de Tessenderlo
Cuando la calidad realmente cuenta

Tessenderlo Group es líder en la producción del sulfato potásico (IOP) durante más de 80 años.

Como primer productor en el mundo de SOP, Tessenderlo Group ofrece al agricultor sulfato potásico de calidad en una extensa gama, sulfato potásico standard, soluble y granulado, siempre en función de las necesidades del agricultor.

Además de SOP, el grupo pone a disposición del agricultor una serie de fertilizantes líquidos con azufre como son el fosfato amónico, fosfato potásico y fosfato cálcico, fertilizantes especiales para la agricultura.

Tessenderlo Group Fertilizers
giving nature a helping hand

SOPIS
www.sopis.com

Tessenderlo Chemie B.V.
Aving. Maritima 21, B-3080 Tessenderlo, Bélgica
Tel.: +32 12 812211 Fax: +32 2 847 3832
www.tessenderlogroup.com
fertilizans@tessenderlo.com



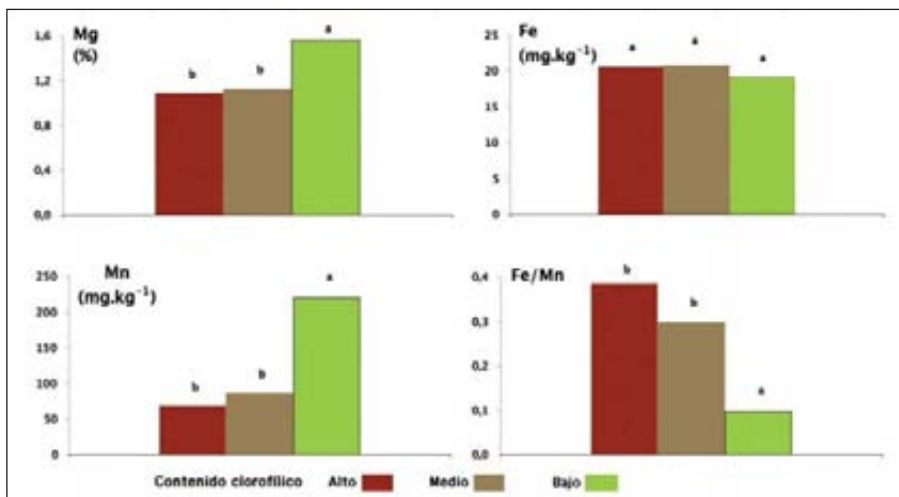
tardías, que llegó hasta el día 6 de mayo. Las heladas retrasaron el ciclo y restringieron fuertemente los rendimientos en todo el viñedo de la zona.

En cada subzona se recogieron veinte hojas al azar en los estados fenológicos de cuajado y envero, para determinar las concentraciones de clorofila por unidad de superficie foliar. Los análisis se realizaron en laboratorio siguiendo el método descrito por Lichtenthaler (1987). Utilizando los datos obtenidos en cuajado, las áreas de estudio se han clasificado en tres grupos: con alto (> 33,78 $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$), medio (22,48-33,78 $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$) y bajo (< 22,48 $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$) contenido clorofílico foliar. Los grupos contaron con 6, 7 y 7 subparcelas respectivamente.

Se ha realizado un análisis mineral de muestras de sesenta peciolo recogidos en envero en cada subparcela, siguiendo las recomendaciones de la OIV (1996). El contenido en nitrógeno de las muestras se determinó directamente sobre el material vegetal seco por el método Kjeldahl. Para la determinación del resto de elementos nutritivos se llevó a cabo la acenización de la mues-

FIGURA 1.

Valores medios del contenido peciolar en Mg, Mn y Fe sobre materia seca, y de la relación Fe/Mn, en zonas de viñedo con diferente concentración foliar de clorofila en cuajado.



tra en un horno a 450°C, extrayendo los minerales con HCl 2N. El fósforo se analizó por colorime-

tría, el potasio por emisión atómica y el calcio, magnesio, hierro, manganeso, cobre y zinc por absorción atómica.

Durante la campaña se hizo un seguimiento agronómico de las subparcelas, controlándose el vigor de las plantas (peso de madera de poda), las componentes del rendimiento y los parámetros de composición del mosto. Se determinó el grado alcohólico probable, pH, acidez total, índice de polifenoles totales, contenido en potasio, ácido málico y ácido tartárico, siguiendo en todos los casos los métodos oficiales de análisis.

En el tratamiento estadístico de los datos se han utilizado análisis de regresión lineal y análisis de la varianza (ANOVA), separando las medias con el test de Tukey.

Resultados y discusión

No se han detectado relaciones significativas entre la concentración de Fe en los peciolo y la concentración de clorofila por unidad de superficie de hoja (**cuadro I**), ni tampoco diferencias en los contenidos en Fe peciolar entre grupos de parcelas (**figura 1**), confirmando la denominada paradoja de la clorosis (Römheld, 1997), que hace que la concentración de hierro en los tejidos vegetales no sea un indicador válido para el diagnóstico de la clorosis férrica.

Por otro lado, se han observado relaciones lineales negativas entre los niveles de Mg y Mn en peciolo muestreados en envero y el conte-

CUADRO I.

Coefficientes de determinación (R^2) y signo de las regresiones lineales de los contenidos de clorofila por unidad de superficie de hoja, y los parámetros de vigor y rendimiento, sobre las concentraciones de nutrientes minerales en peciolo recogidos en envero, expresadas sobre materia seca.

	Clorofila (cuajado)	Clorofila (envero)	Peso madera de poda	Rendimiento	Peso medio del racimo	Peso de 100 bayas
N	0,016(+)	0,000(+)	0,127(+)	0,079(+)	0,297(+)*	0,191(+)
P	0,119(+)	0,272(+)**	0,369(+)**	0,097(+)	0,291(+)*	0,556(+)**
K	0,241(+)*	0,079(+)	0,432(+)**	0,152(+)	0,655(+)**	0,211(+)*
Ca	0,071(-)	0,013(-)	0,072(+)	0,001(-)	0,030(-)	0,000(+)
Mg	0,441(-)**	0,286(-)**	0,126(-)	0,002(-)	0,158(-)	0,211(-)*
Fe	0,050(+)	0,006(+)	0,005(+)	0,002(+)	0,003(-)	0,095(+)
Cu	0,004(+)	0,094(+)	0,389(-)**	0,017(+)	0,071(-)	0,005(+)
Zn	0,031(-)	0,091(-)	0,249(+)*	0,027(+)	0,136(+)	0,021(+)
Mn	0,183(-)*	0,216(-)*	0,041(+)	0,006(+)	0,002(-)	0,123(-)
B	0,003(+)	0,000(+)	0,080(-)	0,189(-)	0,157(-)	0,274(-)*
N/K	0,170(-)	0,034(-)	0,485(-)**	0,106(-)	0,555(-)**	0,155(-)
P/K	0,009(-)	0,082(+)	0,010(+)	0,008(+)	0,004(-)	0,242(+)*
P/N	0,125(+)	0,345(+)**	0,379(+)**	0,095(+)	0,261(+)*	0,553(+)**
K/Mg	0,417(+)**	0,267(+)**	0,338(+)**	0,070(+)	0,479(+)**	0,320(+)**
K/Ca	0,239(+)*	0,051(+)	0,182(+)*	0,126(+)	0,600(+)**	0,161(+)
Ca/Mg	0,339(+)**	0,302(+)*	0,268(+)*	0,004(+)	0,142(+)	0,274(+)*
Zn/Fe	0,065(-)	0,012(-)	0,223(+)*	0,026(+)	0,081(+)	0,011(-)
Fe/Mn	0,153(+)	0,271(+)**	0,076(-)	0,024(+)	0,024(+)	0,216(+)*
P/Fe	0,045(+)	0,191(+)*	0,420(+)**	0,118(+)	0,274(+)*	0,368(+)**

Niveles de significación: *: p<0,05; **: p<0,01; ***: p<0,001.

nido foliar en clorofila, tanto en cuajado como en envero. Los niveles de Mg, Mn y la relación Fe/Mn en las parcelas con bajo contenido en clorofila fueron significativamente superiores a los de las parcelas con contenido medio y alto (**figura 1**), en línea con los resultados obtenidos por Martín *et al.* (2008) en estudios similares realizados en la zona. El Mn es un antagonista del Fe y, en altas concentraciones dentro de la planta, puede bloquear algunas rutas metabólicas en las que interviene el Fe.

Como muestra el **cuadro I**, las regresiones lineales del contenido clorofílico foliar en envero sobre los niveles peciolares de P y la relación P/Fe fueron significativamente positivas. Las relaciones K/Mg, K/Ca y Ca/Mg también mostraron relaciones directas con los niveles de pigmentos foliares, confirmando su interés para el diagnóstico foliar de la clorosis férrica (Belkhdja *et al.*, 1998, Abadía *et al.*, 2004; González *et al.*, 2005).



Controles de rendimiento en el viñedo.

SAPEC, un referente en *Viña*



Kimlux® 10 DC

Flufenoxuron 10% (DC)

* Contra polilla, mosquito verde y araña.

Centinela® 10 EC

Penconazol 10% (EC)

* Fungicida sistémico con actividad preventiva y curativa.

Pombal® Plus

Fosetil-AI 50% + Cimoxanilo 4% + Mancozeb 25% (WP)

* Actividad sistémica de contacto y penetrante contra el Mildiu.

Azupec® Micro WG

Azufre 80% (WG)

* Empieza el cultivo con la madera limpia de Oidio.

Visítanos en www.sapecagro.es

CUADRO II.

Coefficientes de determinación (R^2) y signo de las regresiones lineales de los parámetros de composición del mosto sobre los contenidos de clorofila por unidad de superficie de hoja medidos en cuajado (CLc) y envero (CLE), y sobre las concentraciones de nutrientes minerales en peciolos recogidos en envero, expresadas sobre materia seca.

	Grado alcohólico probable	Índice polifenoles totales	pH	Acidez total	Ácido tartárico	Ácido málico	Potasio
CLc	0,011(+)	0,022(+)	0,011(+)	0,006(+)	0,005(-)	0,015(+)	0,014(+)
CLe	0,000(+)	0,006(+)	0,128(+)	0,012(-)	0,004(-)	0,004(-)	0,000(+)
N	0,218(-)*	0,272(-)*	0,006(+)	0,238(+)*	0,260(+)*	0,037(+)	0,195(+)*
P	0,096(-)	0,245(-)*	0,065(+)	0,121(+)	0,330(-)**	0,036(+)	0,375(+)**
K	0,178(-)	0,334(-)**	0,024(+)	0,229(+)*	0,363(+)**	0,118(+)	0,246(+)*
Ca	0,026(-)	0,004(-)	0,001(+)	0,018(+)	0,007(-)	0,049(+)	0,015(+)
Mg	0,122(+)	0,009(+)	0,003(+)	0,167(-)	0,164(+)	0,061(-)	0,055(-)
Fe	0,014(+)	0,027(-)	0,000(-)	0,000(-)	0,044(-)	0,001(+)	0,018(+)
Cu	0,019(+)	0,223(+)*	0,077(+)	0,394(-)**	0,277(+)*	0,437(-)**	0,165(-)
Zn	0,234(-)*	0,429(-)**	0,055(-)	0,387(+)**	0,258(+)*	0,325(+)**	0,068(+)
Mn	0,091(+)	0,000(+)	0,003(+)	0,000(-)	0,003(+)	0,010(+)	0,094(+)
B	0,253(+)*	0,421(+)**	0,003(-)	0,001(+)	0,258(+)*	0,019(-)	0,002(+)
N/K	0,129(+)	0,370(+)**	0,000(+)	0,289(-)**	0,385(-)**	0,204(-)*	0,191(-)*
P/K	0,009(-)	0,023(-)	0,016(+)	0,000(-)	0,038(-)	0,000(-)	0,038(+)
P/N	0,073(-)	0,235(-)*	0,064(+)	0,098(+)	0,336(-)**	0,039(+)	0,322(+)**
K/Mg	0,186(-)*	0,243(-)*	0,023(+)	0,195(+)*	0,329(-)**	0,091(+)	0,179(+)
K/Ca	0,105(-)	0,256(-)*	0,008(+)	0,148(+)	0,260(-)*	0,056(+)	0,142(+)
Ca/Mg	0,154(-)	0,111(-)	0,003(+)	0,192(+)*	0,204(-)*	0,126(+)	0,106(+)
Zn/Fe	0,217(-)*	0,166(-)	0,042(-)	0,255(+)*	0,059(-)	0,246(+)*	0,006(+)
Fe/Mn	0,097(-)	0,016(-)	0,000(-)	0,007(-)	0,011(-)	0,063(-)	0,072(-)
P/Fe	0,145(-)	0,179(-)	0,064(+)	0,139(+)	0,238(-)*	0,041(+)	0,253(+)*

Niveles de significación: * : $p < 0,05$; ** : $p < 0,01$; *** : $p < 0,001$.

Los niveles de asimilación de P y K, y las relaciones N/K, P/N, K/Mg, y Ca/Mg, han estado positivamente relacionados con el peso medio de la madera de poda (**cuadro I**). De acuerdo con lo expresado en el párrafo anterior, una disminución de ratios como K/Ca y P/Fe podrían asociarse con pérdidas de vigor en los viñedos afectados por clorosis férrica (Martín *et al.*, 2008).

El promedio de rendimiento fue muy bajo debido a la incidencia de fuertes heladas primaverales, un 60% inferior a la media de los tres últimos años en el conjunto de zonas de estudio. Las producciones de 2010 tendieron a ser más bajas en las parcelas cloróticas ($0,188 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$) que en las parcelas con mayor nivel de clorofila ($0,213 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$), aunque las diferencias no fueron significativas al 5%. El rendimiento no se pudo correlacionar con los niveles peciolares de nutrientes (**cuadro I**), si bien se observaron regresiones positivas del peso medio del racimo y del tamaño de la baya sobre los niveles de P y K.

Se han detectado regresiones negativas del índice de polifenoles totales del mosto sobre el contenido peciolar en N, P, K y Zn, y positivas sobre los niveles de Cu y B (**cuadro II**). Los niveles de N, P y Zn se relacionaron directamente con la acidez total de los mostos. Si observamos las relaciones de estos nutrientes con el peso de la madera de poda (**cuadro I**), podríamos decir que, en las zonas de estudio consideradas, los viñedos más vigorosos han tendido a producir uvas con menor contenido en polifenoles y mayor acidez que los viñedos menos vigorosos. Por otra parte, el incremento en el peso de la baya asociado al aumento del nivel de asimilación de P y K (**cuadro I**) perjudicaría al potencial fenólico de la uva al elevar la relación pulpa/hollejo.

Aunque no se han obtenido regresiones significativas entre el pH del mosto y los niveles peciolares de nutrientes, sí se han observado relaciones significativas para la concen-

tración de ácido tartárico, ácido málico y potasio en los mostos (**cuadro II**).

Valores elevados de la proporción K/Mg se correlacionaron con valores bajos de azúcares y polifenoles en el mosto (**cuadro II**). Sin embargo, las relaciones K/Ca, P/Fe y Fe/Mn, en principio más relacionadas con los niveles de clorosis (**cuadro I**), no parecen haber tenido influencia en la composición de los mostos.

En resumen, la composición mineral de los peciolos ha mostrado relaciones más estrechas con los parámetros de calidad de la uva que las concentraciones foliares de clorofila en los viñedos estudiados. Los niveles de asimilación de N, P, K, Zn y B se han asociado significativamente con la concentración de azúcares, ácidos y polifenoles en el mosto. ●

Agradecimientos

Esta investigación ha sido realizada en el marco del proyecto VAO11A10-2, financiado por la Junta de Castilla y León (España).

Bibliografía ▼

- Abadía, J., Álvarez-Fernández, A., Rombolà, A. D., Sanz, M., Tagliavini, M. and Abadía, A. 2004. Technologies for the diagnosis and remediation of Fe deficiency. *Soil Sci. Plant Nutrition*. 50: 965-971.
- Belkhdodja, R., Morales, F., Sanz, M., Abadía, A. and Abadía, J. 1998. Iron deficiency in peach trees: effects on leaf chlorophyll and nutrient concentrations in flowers and leaves. *Plant Soil* 203: 257-268.
- González, M.R., Núñez, L.C., González, R., Zarco-Tejada, P.J., Martín, P. 2005. Diagnóstico foliar de la clorosis férrica del viñedo en la D.O. "Ribera del Duero" *Viticultura/Enología Profesional* 101: 53-58.
- Lichtenthaler, H.K. 1987. Chlorophylls and Carotenoids: Pigments of Photosynthetic Biomembranes. p. 350-383. En: L. Parker y R. Douce (eds.). *Methods in Enzymology*, Vol. 148, Plant Cell Membranes. Academic Press, New York.
- Martín, P., Zarco-Tejada, P.J., González, R. and González, M.R. 2008. Diagnóstico nutricional y recomendaciones de abonado en suelos calizos de la Ribera del Duero. *Vida Rural* 270: 26-32.
- OIV 1996. Résolution VITI 4/1995. Diagnostic foliaire. Une méthode harmonisée. *Bulletin de l'OIV* 69: 779-780.
- Römheld, V. 1997. The chlorosis paradox: Fe inactivation in leaves as a secondary event in Fe deficiency chlorosis. 9th International Symposium on Iron Nutrition and Interactions in Plants. Stuttgart, 20-25 jul. p. 10.
- Spiller, S.C. and Terry, N. 1980. Limiting factors in photosynthesis. II. Iron stress diminishes photochemical capacity by reducing the number of photosynthetic units. *Plant Physiol*. 65: 121-125.