

Edizioni L'Informatore Agrario
in collaborazione
con il tuo docente ha il piacere
di offrirti questo articolo gratuito
utile al percorso di studi

Se desideri approfondire l'argomento
consulta le nostre

IA **BANCHE DATI**
Online 

vai su **www.informatoreagrario.it/BDO**

registrandoti al nostro sito potrai effettuare ricerche semplici
ed avanzate fra oltre 35.200 articoli in formato pdf disponibili
on-line e **scaricare altri due pdf gratis.**

scopri le quote agevolate riservate a te
su **www.informatoreagrario.it/studenti**



Edizioni L'Informatore Agrario

Tutti i diritti riservati, a norma della Legge sul Diritto d'Autore e le sue successive modificazioni. Ogni utilizzo di quest'opera per usi diversi da quello personale e privato è tassativamente vietato. Edizioni L'Informatore Agrario S.r.l. non potrà comunque essere ritenuta responsabile per eventuali malfunzionamenti e/o danni di qualsiasi natura connessi all'uso dell'opera.

● AGGIORNAMENTO SULLE ULTIME NOVITÀ DISPONIBILI

Clorosi ferrica della vite: un problema, diverse soluzioni

Questa importante carenza nutrizionale non ha trovato ancora soluzioni del tutto soddisfacenti. In questo articolo si illustrano alcune novità relative all'adozione di sostanze anticlorosi e alle strategie per controllarla

trazione minima di ferro che devono presentare (vedi riquadro a pag. 52).

In questo articolo vengono descritte alcune novità relative all'adozione di sostanze e strategie per controllare la clorosi ferrica.

di **S. López-Rayó, J.I. Covarrubias, P. Tessarin, A.D. Rombolà**

La clorosi ferrica è una delle carenze nutrizionali più diffuse fra le piante arboree, inclusa la vite. Tale fisiopatia può determinare sensibili perdite quali-quantitative della produzione (Rombolà e Tagliavini, 2006) e una riduzione della durata economica dell'impianto. Sebbene siano stati recentemente descritti gli effetti della carenza di ferro sulla composizione chimica e sulla qualità dei frutti (Álvarez *et al.*, 2006), le informazioni scientifiche riguardanti la qualità e salubrità delle uve e del vino sono alquanto scarse. Questo, nonostante l'uva e soprattutto il vino rappresentino prodotti alimentari di elevato valore nutrizionale ed economico.

tano di ripetute applicazioni e, a causa della loro elevata stabilità e solubilità, aumentano il rischio di lisciviazione di metalli e agenti chelanti negli strati profondi del suolo e nella falda freatica (Rombolà e Tagliavini, 2006). Tali conseguenze, a livello ambientale, rendono fortemente necessaria l'adozione di strategie alternative per il controllo della clorosi ferrica, in funzione delle caratteristiche del suolo e dei parametri delle piante, in grado di migliorare l'efficienza di acquisizione del ferro.

Le strategie agronomiche comunemente impiegate consistono nell'**applicazione di composti contenenti ferro** (El-Jendoudi *et al.*, 2011) **al suolo o alla chioma**. Il regolamento europeo 2003/2003 (Commission Regulation EC, 2003) stabilisce diversi tipi di composti autorizzati per l'agricoltura e la concen-

Portinnesti

La vite appartiene al gruppo di piante a Strategia I per quanto riguarda l'assorbimento di ferro, pertanto in condizioni di ferro-carenza è in grado di incrementare l'attività reductasica la quale consiste nella riduzione di Fe(III) a Fe(II) attraverso l'enzima Fe-chelato-reductasi e nell'aumentare il rilascio di protoni e composti organici (es. acidi organici, fenoli, ecc.) a livello radicale, abbassando il pH della rizosfera e incrementando così la solubilità del Fe(III) presente nel suolo (Brancadoro *et al.*, 1995; Jiménez *et al.*, 2007).

I genotipi di vite tolleranti si caratterizzano per una maggiore attività dell'enzima fosfoenolpiruvato carbossilasi (PEPC) e per la concentrazione di acidi organici nelle radici (in particolare acido citrico) in risposta alla carenza di ferro

Le soluzioni al problema

Nella vite, il tentativo di risolvere il problema della clorosi attraverso l'**uso di portinnesti tolleranti** non ha dato risultati completamente soddisfacenti a causa delle risposte variabili delle combinazioni d'innesto e di tratti negativi legati all'eccessivo vigore (Rombolà e Tagliavini, 2006).

La prevenzione/cura della clorosi ferrica mediante l'**impiego di chelati di ferro** è una pratica diffusa in viticoltura (Rombolà e Tagliavini, 2006). Tuttavia, i chelati di ferro sono costosi, necessari-



Foto 1 La dose superiore di derivati di sangue animale (20 g/L) determina la quantità di clorofilla più elevata (tabella 1). Nella **foto** gli effetti sulle tesi a confronto sulla combinazione d'innesto *Vitis riparia*/C. Sauvignon

(Jiménez et al., 2007; Rombolà e Tagliavini, 2006). Pertanto, questi parametri sono stati impiegati come marcatori biochimici per monitorare i genotipi tolleranti alla clorosi ferrica (Rombolà e Tagliavini, 2006).

Verifica degli indicatori fisiologici della tolleranza

In un esperimento condotto in coltura idroponica sono stati studiati i meccanismi fisiologici e biochimici di risposta a una prolungata carenza di ferro in portinnesti con diverso grado di tolleranza alla clorosi ferrica: 101-14, 110R e SO4 (Covarrubias, 2012). I risultati mettono in discussione la validità di questi parametri quali indicatori della tolleranza alla clorosi ferrica.

● **Il portinnesto suscettibile alla clorosi ferrica 101-14** (*Vitis riparia* × *Vitis rupestris*) ha reagito alla prolungata carenza di ferro imposta, riducendo l'attività dell'enzima PEPC (fosfoenolpiruvato carbossilasi) e MDH (malato-deidrogenasi). È interessante sottolineare che tale portinnesto ha accumulato elevati livelli di acidi organici nelle radici, in particolare citrato e malato (Covarrubias, 2012). Tali risultati, evidenziano una scarsa capacità di questo portinnesto di limitare l'accumulo di acidi organici attraverso la loro degradazione, la traslocazione alla parte aerea o l'essudazione nella rizosfera.

● **Il portinnesto tollerante alla clorosi ferrica 110 Richter** (*Vitis berlandieri* × *Vitis rupestris*), al contrario, ha accumulato livelli inferiori di acidi organici, senza tuttavia manifestare una riduzione degli enzimi PEPC e MDH (Covarrubias, 2012). I dati ottenuti indicano che questo portinnesto, dopo una prolungata carenza di Fe, è in grado di mantenere attivo il metabolismo degli acidi organici rispetto al portinnesto 101-14. Inoltre, l'accumulo moderato di citrato e malato indotto dalla carenza di Fe suggerisce una marcata capacità del portinnesto 110 Richter di evitare un eccessivo accumulo di acidi organici a livello radicale.

● Analogamente al 101-14, il portinnesto **mediamente tollerante alla clorosi ferrica SO4** (*Vitis berlandieri* × *Vitis riparia*) ha manifestato una forte diminuzione delle attività enzimatiche PEPC e MDH analogamente a quanto è stato riscontrato per il portinnesto 101-14. Tuttavia tale portinnesto è stato in grado di evitare un eccessivo accumulo di acidi organici nelle radici, analogamente a quanto riscontrato nel portinnesto 110

COMPOSTI AUTORIZZATI CONTENENTI FERRO

I composti autorizzati sono i sali inorganici, i chelati sintetici e, recentemente, i lignosulfonati come agenti complessanti di agenti naturali (EC, 2012). Nella normativa italiana (*Gazzetta Ufficiale* 26-5-2010) vengono autorizzati, oltre ai lignosulfonati, altri tipi di complessi naturali come acidi umici e fulvici, aminoacidi e peptidi, estratti vegetali. Tali composti interessano, in particolare, gli agricoltori che adottano il metodo biologico e il loro impiego è aumentato negli ultimi anni. ●

Richter (Covarrubias, 2012). I risultati indicano che il portinnesto SO4 si comporta come il 110 Richter per quanto concerne alcune risposte di tolleranza alla carenza di Fe, e come il 101-14 per altre, evidenziando un comportamento intermedio rispetto agli altri due portinnesti testati in questo esperimento. Tali dati indicano che, a seguito di una carenza di ferro prolungata nel tempo, la concentrazione di acidi organici e l'attività degli enzimi PEPC e MDH nelle radici può non rappresentare un indicatore affidabile della tolleranza alla clorosi ferrica (Covarrubias, 2012).

Un nuovo portinnesto

Recentemente è stato descritto (Kocsis et al., 2009) un nuovo portinnesto, Georgikon28, selezionato in Ungheria da incroci di *V. berlandieri* × *V. vinifera*, che presenta una tolleranza alla clorosi

ferrica simile ai portinnesti 41 B e Fercal, i primi nella scala della tolleranza a questa carenza. Tale portinnesto manifesta, inoltre, una buona resistenza agli attacchi fogliari di fillossera e un'eccellente tolleranza alla siccità.

Sostanze contro la clorosi

Tra i composti impiegati nella prevenzione e cura della clorosi ferrica della vite si citano i chelati di ferro, alcuni minerali e complessi di origine naturale.

Chelati di ferro sintetici

La presenza di isomeri nei chelati (ad esempio o,o-EDDHA e o,p-EDDHA) risulta molto importante per valutarne l'efficacia poiché gli isomeri si comportano in maniera diversa. Infatti, i chelati con maggiore concentrazione di o,p-EDDHA presentano un buon effetto nel breve periodo, tuttavia, l'o,o-EDDHA presenta un effetto più duraturo (García-Marco et al., 2006). L'applicazione congiunta di altri micronutrienti (es. manganese, zinco), può ridurre l'efficacia del chelato di ferro (López-Rayó et al., 2012).

Recentemente è stato autorizzato l'uso di nuovi chelati, come il Fe-HBED (Commission Regulation EC, 2012), il quale presenta una maggiore stabilità rispetto al Fe-EDDHA (López-Rayó et al., 2009). In prove pluriennali condotte su pesco, il Fe-HBED ha dimostrato un'efficacia analoga al Fe-EDDHA nei primi due anni e superiore nel terzo anno di sperimentazione (Nadal et al., 2013). Inoltre il Fe-HBED consente di produrre formulati commerciali con una maggior concentrazione di ferro (circa 9%) rispetto a Fe-EDDHA o ana-

TABELLA 1 - Tipi di trattamenti anti clorosi ferrica e contenuto in clorofilla fogliare di varie combinazioni d'innesto e su portinnesto 1103 Paulsen (1)

	Sangiovese/SO4	140 Ru/C. Sauvignon	Vitis riparia/C. Sauvignon	C. Sauvignon/140 Ru	SO4/C. Sauvignon	C. Sauvignon/SO4	1103P
Controllo	9,2 b	19,5 c	10,8 c	22,0 c	11,9 c	23,2 b	17,6 b
Fe-EDDHA	11,7 a	23,8 b	19,4 b	26,5 b	16,4 b	21,9 b	20,8 a
BB dose bassa	12,2 a	25,1 b	20,0 b	28,8 a	22,0 a	-	20,9 a
BB dose alta	13,1 a	30,6 a	23,9 a	33,0 a	22,5 a	29,3 a	23,0 a
Significatività	**	***	***	**	***	*	**

(1) Micropropagato non innestato. BB: sangue bovino fluido.

Il contenuto di clorofilla è stato valutato in unità SPAD

Significatività: * significativo per P < 0,05; ** significativo per P < 0,01; *** significativo per P < 0,001. All'interno di ciascuna colonna, lettere diverse indicano differenze significative tra i trattamenti. La separazione delle medie è stata effettuata mediante test SNK (P < 0,05).

In 4 dei 7 casi presi in considerazione, con la dose più alta di sangue bovino fluido il livello di clorofilla fogliare risulta più elevato e con differenze statisticamente significative, rispetto al chelato di ferro.

loghi (circa 6%). I dati ottenuti su pesco sono stati confermati in recenti esperimenti condotti su barbatelle di Sangiovese innestate su SO4 e allevate in vaso e la possibilità di ridurre le dosi di fertilizzante. Le stesse prove hanno evidenziato le potenzialità di formulati a base di Fe-IDHA apportati alla chioma come alternativa a minor impatto ambientale, perché maggiormente biodegradabili rispetto ai chelati di ferro tradizionali (Fe-EDTA, Fe-DTPA).

I minerali

Alcuni minerali ferrosi come la vivianite, un fosfato ferroso scarsamente cristallino che può essere ottenuto anche in azienda mescolando fertilizzanti comuni (solfato ferroso e fosfato ammonico), si sono rivelati efficaci nella prevenzione della clorosi della vite e dei fruttiferi, dimostrando una maggiore persistenza rispetto ai chelati di ferro sintetici (Rombolà e Tagliavini, 2006). Recentemente, buoni risultati sono stati ottenuti in pieno campo su olivo con l'applicazione del minerale siderite (Sánchez-Alcalá et al., 2012).

Complessi di origine naturale

L'uso di fonti naturali di ferro può costituire un'alternativa più economica ed ecosostenibile rispetto ai chelati di ferro sintetici e consente di riutilizzare composti di scarto. Occorre, però, considerare che i complessi presentano una minore stabilità nei confronti dei chelati sintetici, di conseguenza risultano sovente meno efficaci (Lucena, 2009).

I prodotti derivati dal sangue animale. Sono considerati fertilizzanti azotati dalla normativa italiana (Gazzetta Ufficiale 26-5-2010), tuttavia questi prodotti rappresentano anche un'importante fonte di ferro.

Recentemente sono stati investigati formulati innovativi a base di sangue bovino fluido (BB; ferro 0,125%; azoto 5%) che hanno dimostrato un'elevata stabilità e capacità di mantenere il ferro a disposizione della pianta in suolo calcareo (Yunta et al., 2013). L'apporto al suolo di tali formulati ha indotto, in piante di vite di diverse combinazioni d'innesto e portinnesti micropropagati non innestati, incrementi del contenuto di clorofilla fogliare simili o superiori rispetto al chelato Fe-EDDHA (tabella 1 e foto 1) (Tessarini et al., 2012). In questa prova, per indagare il grado di tolleranza alla carenza di ferro anche a livello

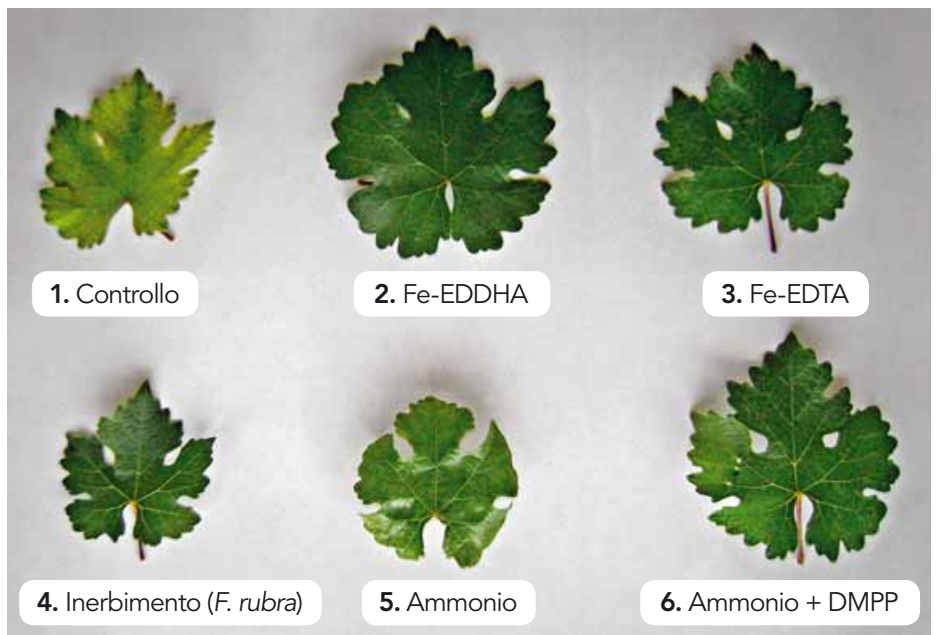


Foto 2 È evidente la variabilità della morfologia delle foglie di Cabernet Sauvignon sottoposto a diversi trattamenti contro la clorosi ferrica. Il controllo (1) presenta sintomi di clorosi fogliare e dimensioni simili alla tesi «consociazione con *Festuca rubra*» (4) (specie graminacea Fe-efficiente), che al contrario presenta una foglia molto verde. Si notino le differenze tra le due tesi a cui è stato somministrato Fe-EDDHA (2) e Fe-EDTA (3), rispettivamente al suolo e alla chioma. Il trattamento al suolo (2) mostra un incremento nel livello di clorofilla e nella dimensione fogliare maggiore rispetto al trattamento fogliare. Notevoli anche le differenze tra le foglie delle tesi con l'apporto al suolo solo di $N-NH_4^+$ (5) oppure di $N-NH_4^+$ + inibitore della nitrificazione (DMPP) (6): l'applicazione di $N-NH_4^+$ ha modificato le caratteristiche morfologiche della foglia

lo fogliare, sono stati effettuati anche innesti reciproci, innestando i portinnesti sulle varietà (es. Vitis riparia/C. Sauvignon)

L'apporto di formulati a base di sangue animale fluido su vite in condizioni di pieno campo ha incrementato il contenuto di clorofilla, il peso del legno di potatura e la concentrazione di potassio nelle foglie, senza modificare il livello degli altri elementi minerali.

Lignosulfonati. Sono stati recentemente inclusi nella legislazione europea come unici agenti complessanti autorizzati per l'impiego in fertirrigazione e per applicazioni alla chioma o al suolo (Commission Regulation EC, 2012). I lignosulfonati (LS) sono un sottoprodotto dell'industria cartaria, ottenuti a seguito del trattamento del legno con bisolfito, effettuato per promuovere la separazione della lignina dalla cellulosa. Rodriguez-Lucena et al. (2009, 2010 e 2011) hanno studiato l'efficacia di LS di ferro, applicati alle radici o alle foglie di specie erbacee modello (soia, cetriolo), in diverse condizioni sperimentali (idroponica e vaso), concludendo che nonostante il ferro somministrato con tali composti venga efficacemente assorbito, la loro efficienza risulta inferiore rispetto a quella di Fe-EDTA.

Sostanze umiche. Si originano a seguito della trasformazione microbiologica di residui animali e vegetali nel suolo. La legislazione italiana ne autorizza l'impiego come stimolanti della crescita (Liñán, 2012). Tuttavia la frazione umica presenta proprietà complessanti dei metalli, di conseguenza le sostanze umiche sono state incluse anche nell'elenco dei composti autorizzati per il controllo delle carenze di micronutrienti.

Estratti vegetali. Per prevenire la clorosi ferrica sono stati impiegati anche estratti acquosi di amaranto (*Amaranthus retroflexus*) che hanno migliorato la nutrizione ferrica e la crescita di piante di pesco e pero allevate in vaso (Rombolà et al., 2002, Sorrenti et al., 2011) e di alberi di pero in pieno campo (Sorrenti et al., 2011). Tali effetti sono in parte riconducibili alle proprietà chelanti degli estratti vegetali.

Gestione del suolo e della nutrizione azotata

La gestione del suolo riveste un'importanza cruciale in viticoltura, per le implicazioni sulla nutrizione ferrica, sulla composizione delle uve e del vino, sulla salvaguardia ambientale e sulla suscettibilità alle malattie.

Consociazioni con graminacee

È stato recentemente dimostrato che la consociazione (inerbimento) con alcune specie graminacee perenni migliora la nutrizione ferrica della vite (Bavaresco et al., 2010; Covarrubias et al., 2013). L'effetto di prevenzione della clorosi dipende dalla specie graminacea impiegata nella consociazione: solo alcune specie graminacee, infatti, risultano efficaci (es. *Festuca rubra*), mentre altre (es. *Poa pratensis*) presentano un'efficacia scarsa o nulla (Ammari e Rombolà, 2010). Il miglioramento della nutrizione ferrica esercitato dalle specie graminacee sulla pianta arborea consociata è in parte dovuto alla capacità di tali specie di solubilizzare, attraverso la secrezione di fitosiderofori (sostanze che legano e solubilizzano lo ione ferro, (Marschner et al., 1989), il ferro presente nel suolo (Ma et al., 2003; Ueno et al., 2007; Cesco et al., 2006).

La differente efficacia preventiva delle specie graminacee è dovuta principalmente alla diversa quantità di fitosiderofori secreti nel suolo. Tuttavia anche altri meccanismi potrebbero svolgere un ruolo importante (il tipo di fitosideroforo, la loro stabilità nel suolo, la mobilità lungo il profilo del suolo, il comportamento nei confronti dell'enzima radicale ferro-chelato reductasi, il ritmo circadiano di secrezione, ecc). In ambiente mediterraneo, nei vigneti non dotati di risorse idriche e in quelli in cui l'irrigazione è limitata da specifici disciplinari di produzione (es. doc), le specie graminacee da impiegare, oltre a essere ferro-efficienti, devono presentare ridotti fabbisogni idrici.

Graminacee e meccanismi di risposta della vite. In un recente lavoro (Covarrubias et al., 2013) sono stati investigati i meccanismi fisiologici e biochimici di risposta della vite (Cabernet Sauvignon su *Vitis riparia*) a strategie sostenibili di prevenzione della carenza di ferro, basate sull'inerbimento con specie graminacee e sulla gestione della nutrizione azotata.

Le viti sono state allevate in vasi di 0,33 L riempiti con suolo calcareo (19,2% di calcare attivo). I trattamenti sono stati: tesi 1) controllo (suolo nudo); 2) Fe-EDDHA applicato al suolo; 3) Fe-EDTA applicato alla chioma; 4) consociazione con *Festuca rubra* (specie graminacea ferro-efficiente); 5) apporto di N-NH₄⁺ al suolo; 6) apporto di N-NH₄⁺ + inibitore della nitrificazione (DMPP).

Le viti di controllo hanno mostrato

LE FORME DEL FERRO

I chelati sintetici risultano dall'unione di un anione organico, denominato agente chelante con il ferro in forma cationica, generalmente come Fe³⁺. I complessi naturali, analogamente ai chelati sintetici, sono anioni organici (in questo caso denominati agenti complessanti) che si uniscono al ferro, ma a differenza dei chelati sintetici la loro origine è naturale. La loro caratterizzazione risulta difficile proprio in virtù del fatto che provengono da diverse fonti. Questi composti possono contenere il ferro in forma naturale, come nel caso di prodotti derivati da sangue animale o di estratti vegetali, o possono essere costituiti da agenti complessanti, dal momento che è necessario aggiungere un sale di ferro per la formazione del com-

plesso (es. lignosulfonati o sostanze umiche). I complessi naturali possono contenere il ferro nelle seguenti forme: Fe²⁺ o Fe³⁺.

Differenze di prezzo. I costi associati all'applicazione di fertilizzanti contenenti ferro sono variabili. I chelati sintetici presentano prezzi elevati, in quanto la loro sintesi avviene in laboratorio. I complessi naturali sono notevolmente più economici poiché derivano da fonti naturali o da sottoprodotti industriali. È importante, tuttavia, relativamente al costo totale dei trattamenti contro la clorosi, tenere conto della frequenza delle applicazioni. I chelati sintetici, infatti, richiedono rispetto ai complessi un minor numero di somministrazioni, per via della loro maggiore stabilità. ●

una marcata riduzione nel contenuto di clorofilla fogliare, elevate concentrazioni di acido citrico (simile alle piante trattate con Fe-EDTA) e un incremento nell'attività dell'enzima PEPC nelle radici. La presenza di *Festuca rubra* ha indotto effetti positivi sul contenuto di clorofilla e sull'attività fotosintetica, associati a cambiamenti nella morfologia fogliare (foto 2). Tuttavia l'inerbimento ha ridotto la crescita vegetativa delle viti.

L'utilizzo di N-NH₄⁺ come fonte azotata, soprattutto quando è stato applicato con l'inibitore di nitrificazione, ha incrementato il contenuto di clorofilla fogliare. Le viti trattate con N-NH₄⁺ (con e senza inibitore della nitrificazione) e consociate a *Festuca rubra* hanno presentato, a livello radicale, concentrazioni di acidi organici e attività della PEPC analoghe a quelle riscontrate nelle piante fertilizzate con Fe-EDDHA. È interessante il marcato effetto dei trattamenti sulla morfologia fogliare (foto 2), che potrebbe rendere difficoltoso il riconoscimento varietale.

Necessaria altra sperimentazione

Nonostante la viticoltura praticata in alcuni areali caratterizzati da suoli calcarei sia rinomata per l'eccellenza dei vini e delle uve, la clorosi ferrica continua a rappresentare motivo di preoccupazione per i viticoltori e argomento di ricerca e sperimentazione per i tecnici. In questo articolo sono

state illustrate alcune recenti acquisizioni sugli indicatori fisiologici della tolleranza e sull'efficacia delle sostanze disponibili per combattere la clorosi ferrica. In tale senso, l'impiego di portinnesti tolleranti alla carenza di Fe, le applicazioni di prodotti di origine naturale e la consociazione con specie graminacee, rappresentano alternative innovative, efficaci, sostenibili ed economiche per la prevenzione della clorosi ferrica nei vigneti. Tuttavia risulta necessario proseguire l'approfondimento delle conoscenze e percorrere strade differenti per sviluppare nuove soluzioni e innovare la filiera vitivinicola in chiave sostenibile.

Sandra López-Rayó

José Ignacio Covarrubias

Paola Tassarini

Adamo Domenico Rombolà

Dipartimento di scienze agrarie

Sezione viticoltura, Università di Bologna

Per commenti all'articolo, chiarimenti o suggerimenti scrivi a: redazione@informatoreagrario.it

Per consultare gli approfondimenti e/o la bibliografia: www.informatoreagrario.it/rdLia/13ia05_6838_web

Clorosi ferrica della vite: un problema, diverse soluzioni

BIBLIOGRAFIA

Abadía J., Álvarez-Fernández A., Rombolà A.D., Sanz M., Tagliavini M., Abadía A. (2004) - *Technologies for the diagnosis and remediation of Fe deficiency*. Soil Science and Plant Nutrition, 50, 7: 965-971.

Álvarez-Fernández A., Abadía J., Abadía A. (2006) - *Iron nutrition of fruit tree crops*. In: Iron nutrition in plants and rhizospheric microorganisms. Eds. J. Abadía and L. Barton. Springer, Berlin, Germany: 85-101

Ammari T.G., Rombolà A.D. (2010) - *Management of iron deficiency chlorosis in citrus through intercropping with perennial grass species*. Proceedings IV International Symposium on Mineral Nutrition of Fruit Crops. Acta Horticulturariae.

Bavaresco L., Van Zeller-De Macedo-Basto-Gonçalves M.I., Civardi S., Gatti M., Ferrari F. (2010) - *Effects of traditional and new methods on overcoming lime-induced chlorosis of grapevine*. Am. J. Enol. Vitic., 61, 2: 186-190.

Brancadoro L., Rabotti G., Scienza A., Zocchi G. (1995) - *Mechanisms of Fe-efficiency in roots of Vitis spp. in response to iron deficiency stress*. Plant and Soil, 171: 229-234.

Cesco S., Rombolà A.D., Tagliavini M., Varanini Z., Pinton R. (2006) - *Phytosiderophores released by graminaceous species promote 59Fe uptake in citrus*. Plant and Soil, 287: 223-233.

Commission Regulation (EC) n. 2003/2003 of the European Parliament and the Council of 13 October 2003 relating to fertilizers. Off. J. Eur. Union. 21-11-2003: L 304: 1-194.

Commission Regulation (EC) n. 223/2012 of 14 March 2012 amending Regulation (EC) n. 2003/2003 of the European Parliament and of the Council relating to

fertilisers for the purposes of adapting Annexes I and IV thereto to technical progress. Off. J. Eur. Union. 15-03-2012: L 75: 12-23.

Covarrubias J.I., Rombolà A.D. (2013) - *Changes on the iron deficiency response mechanisms of grapevine with sustainable strategies for iron chlorosis prevention*. The VII International Symposium on Mineral Nutrition of Fruit Crops (ISHS). Chanthaburi, Thailand. 19-25 maggio 2012. Acta Horticulturariae. In stampa.

Covarrubias J.I. (2012) - *Physiological and biochemical aspects of iron nutrition in grapevine*. Tesi di Dottorato. Università di Bologna.

El-Jendoubi H., Melgar J.C., Alvarez-Fernandez A., Sanz M., Abadía A., Abadía J. (2011) - *Setting good practices to assess the efficiency of iron fertilizers*. Plant Physiology and Biochemistry, 49: 483-488.

García-Marco S., Martínez N., Yunta F., Hernández-Apaolaza L., Lucena J.J. (2006) - *Effectiveness of ethylenediamine-N-(o-hydroxyphenylacetic)-N'-(p-hydroxyphenylacetic) acid (o,p-EDDHA) to supply iron to plants*. Plant Soil, 279: 31-40.

Gazzetta Ufficiale n. 121 del 26 maggio 2010 dlgs 75/2010 - *Riordino e revisione della disciplina in materia di fertilizzanti, a norma dell'articolo 13 della legge 7 luglio 2009*, 88.

Jiménez S., Gogorcena Y., Hevin C., Rombolà A., Ollat N. (2007) - *Nitrogen nutrition influences some biochemical responses to iron deficiency in tolerant and sensitive genotypes of Vitis*. Plant and Soil, vol. 290, 1-2: 343-355. ISSN: 0032-079X.

Kocsis L., Varga Z., Pernes G.Y. (2009) - *Introduction of a lime and drought tolerant rootstock variety*. Acta Horticulturariae. (ISHS) 827: 465-470.

Liñán C. (2012) - *Correctores de carencias*

de hierro. En: *Vademecum de productos fitosanitarios y nutricionales*. Agrotecnicas, S.L. Madrid, España.

López-Rayó S., Correas C., Lucena J.J. (2012) - *Novel chelating agents for its use as manganese and zinc fertilizers: characterization, theoretical speciation and stability in solution*. Chemical Speciation & Bioavailability, 24: 147-158.

López-Rayó S., Hernández D., Lucena J.J. (2009) - *Chemical evaluation of HBED/Fe³⁺ and the novel HJB/Fe³⁺ chelates as fertilizers to alleviate iron chlorosis*. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 57: 8504-8513.

Ma J.F., Nomoto K. (1996) - *Effective regulation of iron acquisition in graminaceous plants. The role of mugineic acids as phytosiderophores*. In: *Physiologia Plantarum*, 97: 609-617.

Ma J.F., Ueno H., Ueno D., Rombolà A.D., Iwashita T. (2003) - *Characterization of phytosiderophores secretion in Festuca rubra*. Plant and Soil, 256: 131-137.

Marschner H., Treeby M., Romheld V. (1989) - *Role of root-induced changes in the rhizosphere for iron acquisition in higher plants*. Z Pflanzenernaehr Bodenkd, 152: 197-204.

Nadal P., López-Rayó S., Loren J., Lucena J.J. (2013) - *Efficacy of HBED/Fe³⁺ at supplying iron to Prunus persica in calcareous soil*. European Journal of Agronomy, 45: 105-113.

Rodríguez-Lucena P., Benedicto A., Lucena J.J., Rodríguez-Castrillón J.A., Moldovan M., Alonso J.I.G., Hernández-Apaolaza L. (2011) - *Use of the stable isotope 57Fe to track the efficacy of the foliar application of lignosulfonate/Fe³⁺ complexes to correct Fe deficiencies in cucumber plants*. Journal of Science of Food and Agriculture, 91: 395-404.

Rodríguez-Lucena P., Hernández-Apaolaza L. (2012) - *Effect of iron fertilizers on iron nutrition of grapevine*. Acta Horticulturariae. (ISHS) 827: 465-470.

laza L., Lucena J.J. (2010) - Comparison of iron chelates and complexes supplied as foliar sprays and in nutrient solution to correct iron chlorosis of soybean. *Journal of Plant Nutrition*, 173: 120-126.

Rodríguez-Lucena P., Tomasi N., Pinton R., Hernández-Apaolaza L., Lucena J.J., Cesco S. (2009) - Evaluation of 59Fe-lignosulfonates complexes as Fe-sources for plants. *Plant Soil.*, 325: 53-63.

Rombolà A.D., Mazzanti F., Sorrenti G., Marangoni B. (2002) - Plant water extracts: a new strategy to overcome Fe chlorosis in fruit trees. In: *Book of Abstracts of XXVIth International Horticultural Congress & Exhibition*, August 11-22: 287.

Rombolà A.D., Tagliavini M. (2006) - Iron

nutrition of fruit tree crops. In: *Iron Nutrition in Plants and Rhizospheric Microorganisms*. Eds. J. Abadía and L. Barton. Springer, Berlin, Germany: 61-83.

Sánchez-Alcalá I., Bellón F., Del Campillo M.C., Barrón V., Torrent J. (2012) - Application of synthetic siderite (FeCO₃) to the soil is capable of alleviating iron chlorosis in olive trees. *Scientia Horticulturae*, 138: 17-23.

Sorrenti G., Toselli M., Marangoni B. (2011) - Effectiveness of *Amaranthis retroflexus* L. aqueous extract in preventing iron chlorosis of pear trees (*Pyrus communis* L.). *Soil Science and Plant Nutrition*, 57: 813-822.

Tessarín P., Yunta F., Ingrosso E., Con-

ceição-Boliani A., Covarrubias J.I., Rombolà A.D. (2012) - Improvement of Grapevine Iron Nutrition by a Bovine Blood-Derived Compound. *Proceedings of 7th ISHS Symposium on Mineral Nutrition of Fruit Crops*. Thailandia.

Ueno D., Rombolà A.D., Iwashita T., Nomoto K., Ma J.F. (2007) - Identification of two novel phyto siderophores secreted by perennial grasses. *New Phytologist*, 174: 304-310.

Yunta F., Di Foggia F., Bellido V., Morales M., Tessarin P., López-Rayó S., Tinti A., Kovács K., Klencsár Z., Fodor F., Rombolà A.D. (2013) - Blood meal-based compound. Good choice as iron fertilizer to be used in organic farming. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. In stampa.