

Varietà di vite *resistenti* alle malattie e rame: opportunità e limiti

INTRODUZIONE

La sostenibilità delle produzioni vitivinicole è, ad oggi, il tema di principale interesse dell'opinione pubblica mondiale e di tutti gli operatori della filiera. Studi recenti condotti dall'associazione Sudvinbio e presentati a Millésime Bio (Montpellier) evidenziano come, nei prossimi anni, la produzione di vino biologico sia destinata a crescere in tutti i Paesi europei. La previsione di una domanda futura in continua crescita, per essere soddisfatta, deve prevedere un graduale e proporzionale incremento di superfici viticole a coltivazione biologica; condizione, allo stato attuale, di non semplice realizzazione. La domanda sorge dunque spontanea: come sarà possibile implementare la viticoltura biologica e nel contempo garantire produzioni di vino di alta qualità? La risposta non appare per nulla scontata, tanto più se valutiamo le richieste sempre più pressanti dell'Unione Europea in termini di sostenibilità ambientale: la riduzione dell'impiego di composti rameici in agricoltura a 4 kg/ha/anno, ad esempio, renderà incerto il futuro dell'agricoltura biologica in diversi areali viticoli. I produttori sostengono che in assenza di alternative efficaci al rame le produzioni biologiche, a causa delle ingenti perdite produttive, non risulteranno più economicamente sostenibili e conseguentemente le aziende, pur di non fallire, saranno obbligate a utilizzare prodotti chimici di sintesi (Matasci et al., 2008; Pellegrini et al., 2010). L'approccio dell'Unione Europea sulla regolamentazione della viticoltura biologica appare agli occhi dei massimi produttori di vino troppo semplicistico e lontano dalle reali esigenze della filiera, pertanto propongono una strategia più graduale e che contenga

* *Vivai Cooperativi Rauscedo (VCR), Rauscedo (PN)*

reali proposte di cambiamento, in primis, l'impiego in viticoltura delle nuove varietà resistenti ai principali patogeni.

LA VITICOLTURA BIOLOGICA SOPRAVVIVERÀ SENZA RAME?

Il rame è il primo anticrittogamico utilizzato in viticoltura e, insieme allo zolfo, rappresenta il pilastro portante della viticoltura biologica poiché il suo utilizzo, nella lotta alla peronospora, non induce resistenze da parte del patogeno (Marco and Stall, 1983; Martin et al., 2004). Questa molecola favorisce inoltre la maturazione dei tralci, ha una buona persistenza sulla vegetazione e presenta un'attività secondaria contro altre malattie quali marciume nero, escoriosi e botrite (Cha and Cooksey, 1991). Proprio per queste sue caratteristiche è ampiamente utilizzato in viticoltura da oltre 150 anni. Il rame è però un metallo pesante che a differenza degli agrofarmaci di sintesi non degrada e si accumula sia nel frutto sia nel terreno dove inibisce lo sviluppo di microrganismi (Delusa et al., 1996; Brun et al., 2003; Van Xwieten et al., 2004; Van Rhee, 1967; Vršič et al., 2011). A causa dei ripetuti trattamenti questo composto si accumula nel terreno sia per effetto deriva, sia in autunno con la caduta delle foglie a terra e, se presente in eccesso, risulta tossico per la vite (Dumestre et al., 1993). Il rame nel terreno può essere classificato in rame totale (forme solubili e insolubili), frazione assimilabile (frazione idrosolubile, forme assimilabili e chelate), rame mobile (forme solubili). Le tre forme di rame si accumulano per l'80% nei primi 40 cm di terreno, inducendo in molti casi sintomi di tossicità nelle piante e modificando la microfauna e la microflora presente mediante una riduzione dei lombrichi e l'inattivazione di importanti batteri quali *Azotobacter*, *Clostridium*, *Nitrosomas* e *Nitrobacter*, tutti responsabili della fissazione dell'azoto (Brun et al., 2001; Moolenaar et al., 1998; Chaignon et al., 2003). Questo metallo inoltre, inibendo l'enzima deidrogenasi, provoca l'acidificazione del terreno e conseguentemente una diminuzione dell'attività biologica. Se la concentrazione normale di rame presente sulla crosta terrestre si aggira intorno a 70 mg/kg, in un vigneto possiamo raggiungere anche i 1000 mg/kg a causa del suo accumulo (Fernandez-Calvino et al., 2008). Per quanto riguarda invece la salute umana questo microelemento è già presente nel nostro corpo in quanto necessario alla formazione dell'emoglobina ma a concentrazioni troppo alte viene espulso attraverso i reni. Risulta irritante per le vie respiratorie e può provocare ustioni all'apparato digerente (Oliver, 1997; Uriu-Adams and Keen, 2005). Diventa quindi indispensabile dosarlo correttamente, per

evitare effetti deleteri non solo per l'ambiente ma anche per la salute dei consumatori (Stern et al., 2017). La presenza di alte concentrazioni di rame nei mosti, inoltre, ha delle ripercussioni notevoli sulla qualità del vino: la sua presenza può influenzare significativamente la cinetica di fermentazione dei lieviti di *S. cerevisiae*; aumentare notevolmente l'azione dell'ossigeno e la velocità delle reazioni di ossidazione influenzando i titoli aromatici nelle uve e nei vini come nel caso del Sauvignon blanc (John, 2003).

Recentemente sono stati sottoposti a screening contro la peronospora oltre cento trattamenti diversi, tra cui agenti di biocontrollo, materiali di origine animale, preparati omeopatici, materiali inorganici, estratti microbionici, derivati naturali, estratti vegetali, metodi fisici e materiali sintetici (Kast, 2000; Tilcher et al., 2003; Schilder et al., 1996; Thüerlg et al., 2003; Pellegrini et al., 2010; Slvčev et al., 2010). Nessuno di questi trattamenti si è dimostrato efficace quanto il rame contro questa ampelopatia. Il rame, fungicida di contatto ad ampio spettro, perde la sua efficacia con l'espansione del tessuto vegetale e per effetto del dilavamento causato dalla pioggia, ciò rende necessarie frequenti irrorazioni per limitare la presenza delle principali malattie fungine. In condizioni meteorologiche favorevoli al patogeno, ossia in presenza di un'elevata pressione della malattia, in agricoltura biologica, risultano necessari ripetuti trattamenti in archi temporali molto ristretti. Sarà difficile, probabilmente impossibile, garantire gli standard produttivi attuali alle nostre coltivazioni di *Vitis Vinifera* e voler nel contempo ridurre in modo sostanziale gli apporti di rame.

La ricerca sta concentrando le proprie risorse nell'individuazione di soluzioni innovative e sostenibili allo scopo di garantire un futuro certo e lungimirante all'agricoltura biologica (Vecchione, 2005). L'argomento di più attualità tra i banchi dell'Unione europea risulta essere l'impiego delle varietà resistenti ai principali patogeni (peronospora, oidio) che potrebbero rappresentare una svolta epocale per tutta la viticoltura mondiale riuscendo a ridurre gli apporti di pesticidi fino al 70-80%.

VARIETÀ RESISTENTI, SOLUZIONE DISPONIBILE AGLI AGRICOLTORI

Nonostante i costi elevatissimi e i tempi lunghi richiesti dai programmi di miglioramento genetico, i Vivai Cooperativi Rauscedo sono fermamente convinti che la strada intrapresa sia la più concreta e sicura per fare della viticoltura mondiale una coltura più rispettosa dell'ambiente e meno dipendente dall'uso massiccio di fitofarmaci. Oggi il buon uso della genetica ci può



Fig. 1 *Creazione di nuove varietà resistenti: fase di demasculazione dei fiori in vigneto*

permettere di raggiungere nuovi traguardi, migliorando l'inestimabile valore derivante dalle varietà di vite oggi coltivate al mondo.

Già nel 2006, i Vivai Cooperativi Rauscedo avevano percepito la necessità di dare risposte concrete alle emergenti necessità in tema di sostenibilità vivaistico-viticola e per tale motivo hanno dato corso a una proficua collaborazione con l'Università di Udine e l'Istituto di Genomica Applicata con l'obiettivo di mettere a disposizione dei viticoltori nuove varietà a uva da vino resistenti alle malattie (fig. 1). Le prime dieci varietà italiane resistenti, di cui VCR è licenziatario esclusivo, sono state realizzate grazie a un'attività di ricerca iniziata nel 1998 dall'Università di Udine, incrociando le migliori linee resistenti con vitigni internazionali e locali di pregio (Sauvignon, Chardonnay, Merlot, Cabernet Sauvignon, Sangiovese, Tocai Friulano ecc.). L'ultima tappa di questo progetto ha riguardato la valutazione agronomica ed enologica dei nuovi vitigni resistenti a cui ha attivamente partecipato VCR e ha consentito l'iscrizione al Catalogo Nazionale nel 2015 di Fleurtaï, Soreli, Sauvignon Kretos, Sauvignon Nepis, Sauvignon Rytos, Mertot Kanthus, Merlot Khorus, Cabernet Volos, Cabernet Eidos, Julius e la successiva loro diffusione in Italia e all'estero. Nel 2019 saranno presentate per la registrazione nuove varietà ottenute da incroci di Pinot bianco e Pinot nero con diversi e più efficienti donatori di resistenza. I vini ottenuti da queste varietà resistenti sono stati presentati da VCR ai diversi concorsi internazionali dove sono stati premiati, collocandosi ai vertici della classifica, con medaglie d'oro e d'argento.

Nel 2015 VCR ha avviato anche un proprio programma di incrocio allo scopo di ottenere nuove varietà resistenti a uva da vino, da tavola e portinnesti. Un'attenzione particolare è stata riservata alle varietà autoctone e ai loro cloni, che rappresentano il punto di forza della vitienologia Italiana e che, con l'introggressione di geni di resistenza alla peronospora e all'oidio, potrebbero veramente rappresentare un'opportunità unica per i viticoltori. In sostanza, per VCR, questi nuovi vitigni sono delle "Varietà Autoctone Migliorate" in quanto l'obiettivo è di coniugare nel loro DNA tradizione e innovazione: vini con un profilo aromatico e polifenolico (per i rossi) di qualità e tipicità comparabile, se non superiore, a quello del genitore di *V. vinifera*. Nel prossimo futuro nel mercato saranno quindi disponibili varietà resistenti derivanti da Glera, Nebbiolo, Sangiovese, Cannonao, Trebbiano Romagnolo e Toscano, Malvasia Istriana, Riesling Bianco, Chardonnay, Pinot grigio, Syrah ecc.

GESTIONE DELLE VARIETÀ RESISTENTI IN CAMPO

Capire il concetto della resistenza e i relativi meccanismi di azione è molto importante per poter gestire al meglio questa specificità, che è propria solo dei nuovi vitigni resistenti e poter così predisporre un piano di difesa ad hoc. Le sorgenti della resistenza alle malattie crittogamiche sono riscontrabili nelle specie di *Vitis* selvatiche, nella fattispecie quelle americane e asiatiche, oltre che in alcune varietà di *V. vinifera* dell'Asia Centrale (Cipriani et al., 2018). Oggi sono conosciuti circa 30 QTL (Quantitative Trait Locus) responsabili della resistenza a peronospora e oidio e altri ancora sono in corso di studio e saranno presto individuati (Di Gaspero and Cattonaro, 2010). L'obiettivo è quello di piramidare 2-3 geni di resistenza rispettivamente per peronospora e oidio in ognuna delle nuove varietà resistenti selezionate. Ottenere vitigni con resistenza poligenica è importante per escludere qualsiasi rischio, anche se remoto, di superamento della resistenza, che potremmo riscontrare in vitigni con resistenza monogenica. La presenza di più barriere genetiche da superare complica, infatti, i tentativi della peronospora e dell'oidio di infettare la vite assicurando così una alta resistenza a queste crittogame in modo permanente.

Per le varietà resistenti ad oggi autorizzate alla coltivazione si consigliano, in funzione dell'ambiente e del microclima presente, da 2 a 4 trattamenti da effettuare seguendo i modelli previsionali per l'identificazione dei periodi di maggior rischio infettivo (fig. 2). Questi trattamenti precauzionali sono indispensabili per scongiurare la comparsa di forme ipervirulente e per proteggere la coltura da malattie secondarie (escoriosi, black rot, antracnosi), normalmente control-

	Malattia	Trattamento*	Protezione black rot		
			Vigneto senza sintomi	Vigneto con alcuni sintomi	Vigneto con molti sintomi
2-5 FOGLIE	-Escoriosi -Oidio	Zolfo	coincide con la strategia di difesa contro peronospora ed/o oidio	dalla maturità dei periteci, prima di un episodio piovoso contaminante, intervenire con 300 g di rame metallo e 6 kg di zolfo bagnabile / ha	
7-10 GIORNI DOPO**	-Escoriosi	Zolfo		ripetere il trattamento prima della prossima pioggia, non superare i 10 giorni di intervallo	
PREFIORITURA O POSTFIORITURA	-Peronospora -Oidio	Zolfo, Rame		passare a 600 g di rame metallo e 8 kg di zolfo bagnabile / ha	
ACCRESIMENTO ACINI**	-Peronospora -Oidio	Zolfo, Rame, Bicarbonato di K ¹		300 g di rame metallo e 6 kg di zolfo bagnabile / ha	
DOPO LA CHIUSURA DEL GRAPPOLO**	-Peronospora -Oidio	Zolfo, Rame, Bicarbonato di K ¹		coincide con la strategia di difesa contro peronospora ed/o oidio	300 g di rame metallo e 6 kg di zolfo bagnabile / ha - ultimo trattamento prima della completa invaiatura

Fig. 2. Possibile strategia di difesa biologica delle varietà resistenti per il contenimento delle principali malattie crittogamiche.

* Il trattamento, in condizioni di elevata pressione infettiva, deve essere svolto alla dose massima di etichetta.

** Ripetere i trattamenti nel caso di alta pressione della malattia.

¹ Azione su botrite ed oidio (attenzione in periodi di forti precipitazioni a causa della facile dilavabilità)

late dai medesimi principi attivi utilizzati per il controllo della peronospora e oidio. È necessario precisare che le malattie secondarie compaiono anche sulle varietà tradizionali in totale assenza di protezione fitosanitaria.

CONCETTO DI PIANTA RESISTENTE O TOLLERANTE E PRINCIPI DELL'INTERAZIONE PIANTA-PATOGENO

Le piante possiedono due diverse modalità di difesa: a) difese passive o costitutive, ossia barriere strutturali e chimiche precostituite che hanno effetto di esclusione per la maggior parte dei patogeni; b) difese attive o inducibili, in grado di individuare cellule o molecole estranee innescando una risposta rapida di difesa. Le difese si distinguono inoltre in strutturali e chimiche. Le difese passive strutturali comprendono i tessuti e le strutture cellulari che si frappongono fisicamente al patogeno, mentre le difese attive strutturali includono tutte le neo-apposizioni di materiale di varia natura (callosio, lignina, minerali), dirette a rafforzare le barriere strutturali precostituite. Le difese chimiche passive sono caratterizzate da composti ad attività antibiotica costitutivamente prodotti e presenti (fitoanticipine, proteine di difesa) nei tessuti dell'ospite, a differenza dei composti sintetizzati *ex novo*, quali le fitoalessine, e facenti parte delle difese chimiche attive. Qualsiasi forma di difesa attiva viene stimolata solo a seguito del riconoscimento del patogeno da parte della pianta ospite; nel caso in cui tale risposta sia in grado di bloccare il patogeno, l'interazione viene definita omologa incompatibile (Hutcheson, 1998), quando invece la pianta si ammala si parla di interazione omologa compatibile.

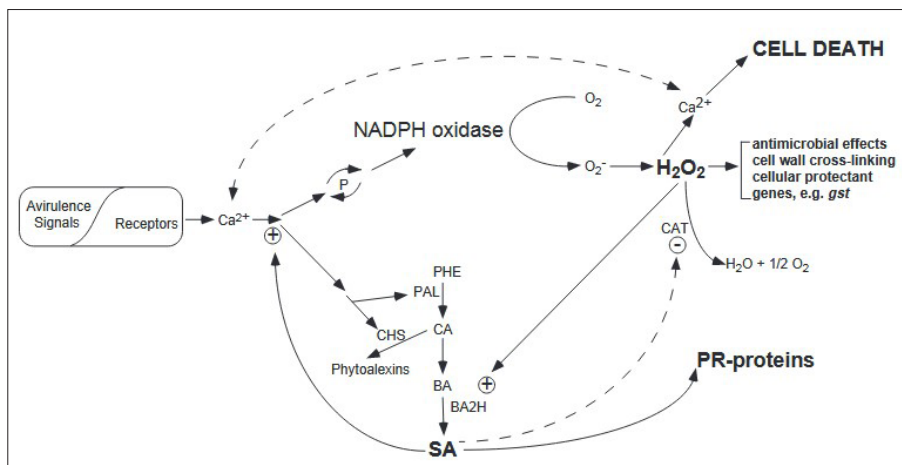


Fig. 3 *Networks di segnalazione nella risposta di ipersensibilità (da Lamb & Dixon, 1997)*

Nodo cruciale dell'interazione pianta-patogeno è rappresentato dalla fase di riconoscimento che determinerà, nel caso avvenga tempestivamente, l'instaurarsi di un'interazione omologa incompatibile oppure al contrario, un'interazione omologa compatibile contraddistinta da una risposta ritardata nel tempo che porterà quindi all'incapacità dell'ospite nell'attuare velocemente tutto il potenziale di cui dispone (Lusso & Kuc, 1999).

Le piante possono mettere in atto 3 classi di risposte attive di difesa: primarie, secondarie e terziarie. La risposta primaria denominata HR ("hypersensitive reaction") è localizzata nelle cellule a contatto con il patogeno e si manifesta mediante necrosi localizzata dei tessuti adiacenti l'area di infezione (fig. 3). Le risposte secondarie avvengono nelle cellule limitrofe a quelle interessate dalle risposte primarie e sono indotte da segnali generati da queste ultime ("local acquired resistance", LAR). Le molecole segnale sono principalmente forme reattive dell'ossigeno e dell'azoto (RONs), tali composti fungono anche da elicitori per la morte cellulare programmata. Conseguentemente all'attivazione delle prime due forme di difesa si verifica un accumulo di acido salicilico che, diffondendo nei vari organi funge da segnale di attivazione per la resistenza sistemica acquisita ("systemic acquired resistance", SAR). Infine, in seguito a interazioni tra pianta e batteri non patogeni colonizzatori delle radici o tra pianta e insetti fitofagi si genera una risposta assimilabile a SAR denominata resistenza sistemica indotta ("Induced Systemic Resistance", ISR) e mediata principalmente da acido jasmonico (JA) ed etilene (ET). Le piante possono dunque attivare diverse vie di difesa in funzione al tipo di patogeno presente (Garcia et al., 2006).

La produzione di acido jasmonico e di etilene viene prevalentemente stimolata da agenti necrotrofici mentre quella dell'acido salicilico da patogeni biotrofici. L'attivazione di queste diverse vie metaboliche di difesa è vincolata al riconoscimento da parte della pianta di specifici composti denominati elicitori (Hammond-Kosack et al., 2000). Inizialmente il termine elicitore veniva utilizzato solamente per descrivere molecole in grado di indurre la produzione di fitoalessine ad oggi comprende tutti quei composti in grado di stimolare una qualsiasi forma di difesa in pianta (Ebel et al., 1994; Hahn et al., 1996; Nürnberger et al., 1999). Nel corso degli anni sono state caratterizzate diverse classi di elicitori includendo carboidrati, polimeri (come ad esempio i chitosani, polimeri del N-acetil-glucosammina), lipidi, glicopeptidi e glicoproteine. Questi composti possono derivare sia dal patogeno (elicitori esogeni) sia dalla pianta stessa (elicitori endogeni).

Nonostante siano molteplici gli organismi che entrano in contatto con le piante, nella maggior parte dei casi quest'ultime risultano resistenti alle malattie proprio perché non fungono da ospite alla stragrande maggioranza dei patogeni presenti in natura. Questa interazione, in patologia vegetale, viene definita Resistenza non ospite o immunità (Agrios, 2005). Le ragioni che rendono le piante non ospiti verso la maggior parte degli organismi od ospiti verso altri non sono ancora del tutto chiare. Sebbene una pianta risulti essere ospite a un particolare patogeno, alcune varietà al suo interno possono risultare più o meno suscettibili mentre altre più o meno resistenti. Questo dipende dal tipo e dal numero di geni di resistenza presenti nelle piante, dalle condizioni ambientali e da altri fattori biotici e abiotici. Nella quasi totalità dei casi alcune varietà risultano resistenti a determinati organismi proprio perché possiedono specifici geni di resistenza (R) in grado di riconoscere i fattori di avirulenza rilasciati dal patogeno (avr) (Agrios, 2005). In patologia vegetale si parla di *true resistance* ossia di resistenza reale quando la malattia è controllata geneticamente dalla presenza, nell'ospite, di uno o più geni di resistenza; si parla invece di tolleranza quando le piante, grazie a determinate caratteristiche ereditabili e a causa della perdita/inattivazione dei siti recettori, consentono al patogeno di svilupparsi e moltiplicarsi al loro interno senza subire particolare danno o perdite produttive (Agrios, 2005).

CONCLUSIONI

Il successo nella produzione di uva e vino, soprattutto nei comparti biologici/biodinamici, richiede la considerazione del vigneto come un ecosistema

equilibrato in cui la flora e la fauna circostanti contribuiscono a mantenere l'equilibrio verso la crescita e la produttività della vite, mantenendo al contempo i parassiti, le malattie e le infestanti al livello più basso possibile. L'implementazione di pratiche e condizioni culturali in grado di migliorare il microclima della chioma e la presenza di popolazioni di insetti/microrganismi benefici è essenziale al raggiungimento di questo scopo. Tuttavia, l'uso di pesticidi a base di rame rimane indispensabile in presenza di alta pressione di malattia, rendendo l'accumulo di rame nei terreni una limitazione costante per la produzione di vino biologico, specialmente in areali molto umidi. Studi volti a migliorare la filiera vitivinicola biologica saranno di cruciale importanza per il futuro prossimo di questo settore. Le soluzioni future sono rappresentate dall'impiego delle varietà resistenti e dall'utilizzo di prodotti alternativi a basso impatto ambientale nella lotta alle crittogame; condizioni che potrebbero realmente favorire una viticoltura puramente ecosostenibile.

RIASSUNTO

La sostenibilità delle produzioni vitivinicole è, ad oggi, il tema di principale interesse dell'opinione pubblica mondiale e di tutti gli operatori della filiera. La viticoltura, sebbene rappresenti solamente il 3 % della superficie agricola europea, utilizza il 65% di tutti i fungicidi impiegati in agricoltura, ovvero 68 mila tonnellate/anno. Uno scenario preoccupante che ha spinto la Commissione europea a emanare regole sempre più restrittive con l'obiettivo di dimezzare l'uso dei presidi sanitari entro il 2025. La riduzione dell'impiego di composti rameici in agricoltura, la revoca di numerosi principi attivi, la stipula di disciplinari di polizia rurale sempre più limitanti unitamente alle problematiche connesse al cambiamento climatico rendono dunque incerto il futuro della nostra viticoltura. In quest'ottica, una delle risposte più concrete a disposizione dei nostri viticoltori è rappresentata dall'impiego delle varietà resistenti a peronospora e oidio. Già nel 2006, i Vivai Cooperativi Rauscedo avevano percepito la necessità di dare risposte tangibili alle emergenti necessità in tema di sostenibilità vivaistico-viticola e per tale motivo hanno dato corso a una proficua collaborazione con l'Università di Udine e l'Istituto di Genomica Applicata con l'obiettivo di mettere a disposizione dei viticoltori nuove varietà a uva da vino resistenti alle malattie (peronospora e oidio). I vitigni resistenti sono ottenuti mediante incroci interspecifici tra varietà sensibili di *Vitis Vinifera* e una selezione che porta i caratteri di resistenza, che deriva da 50, a volte 100, anni di reincrocio su vite europea di ibridi fatti alla fine dell'Ottocento e nei primi decenni del Novecento usando viti americane e/o asiatiche. Mediante l'utilizzo di queste varietà è possibile ridurre di circa l'80% i trattamenti fitosanitari, limitare gli sprechi d'acqua, evitare inutili fenomeni di compattazione del suolo e abbattere i costi di produzione. Tutto ciò, come dimostrato dalle analisi e dalle degustazioni svolte, senza compromettere la qualità, la salubrità e le caratteristiche del vino ottenuto che per l'appunto risulta molto gradito dal consumatore finale. L'impiego di queste varietà, soprattutto nell'ambito dell'agricoltura biologica, può

rappresentare una concreta soluzione/opzione nel rispetto dei limiti imposti a livello comunitario sull'impiego del rame.

ABSTRACT

The issues of sustainability of wine production are the object of increasing attention by the public opinion and the operators of the vine&wine supply chain worldwide. Although viticulture represents only 3% of Europe's agricultural land, it uses 65% of the total amount of fungicides used in agriculture, that is 68,000 tons per year. This worrying scenario has got the European Community to enact increasingly restrictive rules in order to halving the use of plant protection products within the 2025. The reduction of cupric compounds use in agriculture, the numerous active substances revocation, the increasing restrictions imposed by the new rural police regulations together with climate change consequence, make the future of viticulture uncertain. With this in mind, one of the most concrete responses available to our vine-growers is the use of resistant varieties to downy and powdery mildew. In 2006 the Vivai Cooperativi Rauscedo (VCR) felt the need to give concrete answers to the emerging requirements in terms of nursery-viticultural sustainability. For this reason, they started a fruitful collaboration with the University of Udine and the Institute of Applied Genomics with the aim of providing vine-growers with new wine grape varieties resistant to the most dangerous fungal diseases. Resistant varieties are obtained through interspecific crossbreeding between sensitive *Vitis Vinifera* varieties and a selection of other varieties that bear the resistance characters, deriving from 50, sometimes 100, years of backcrossing of European grape with hybrids created at the end of the nineteenth century and in the first decades of the twentieth century using American and/or Asian vines. Using these varieties is possible to reduce plant protection treatments by about 80%, to limit water waste, to avoid soil compaction and, obviously, to reduce production costs. All this, as demonstrated by the analyses and tastings carried out, without compromising the quality, the health and wine characteristics obtained, is precisely what the end consumer appreciates. The use of these varieties, especially in organic farming, can be a concrete solution in accordance with the limits of copper use imposed at EU level.

BIBLIOGRAFIA

- AGRIOS G.N. (2005): *Plant Pathology*, Burlington, Massachusetts, Elsevier Academic Press Publications.
- BRUN L. A., MAILLET J., HINSINGER P. & PEPIN M. (2001): *Evaluation of copper availability to plants in copper-contaminated vineyard soils*, «Environmental Pollution», 111, pp. 293-302.
- BRUN L.A., LE CORFF J. & MAILLET J. (2003): *Effects of elevated soil copper on phenology, growth and reproduction of five ruderal plant species*, «Environmental Pollution», 122, pp. 361-368.
- CHA J.S, COOKSEY D.A. (1991): *Copper resistance in Pseudomonas syringae mediated by periplasmic and outer membrane proteins*, «Proc. Natl. Acad. Sci.», 88, pp. 8915-8919.
- CHAIGNON V., SANCHEZ-NEIRA I., HERRMANN P., JAILLARD B. & HINSINGER P. (2003):

- Copper bioavailability and extractability as related to chemical properties of contaminated soils from a vine-growing area*, «Environmental Pollution», 123, pp. 229-238.
- CIPRIANI G., FORIA S., MONTE C., TESTOLIN R., DI GASPERO G. (2018): *Pyramidizing resistance genes in grape: a breeding program for the selection of 'elite' cultivars*, XII International Conference on Grapevine Breeding and Genetics, Bordeaux, France, July 15-20, pp. 43.
- DELUISA A., GIANDON P., AICHNER M., BORTOLAMI P., BRUNA L., LUPETTI A., NARDELLI F. & STRINGARI G. (1996): *Copper pollution in Italian vineyard soils*, «Communications in Soil Science and Plant Analysis», 27, pp. 1537-1548.
- DI GASPERO G. & CATTONARO F. (2010): *Application of genomics to grapevine improvement*, «Australian Journal of Grape and Wine Research», 16, pp. 122-130.
- DUMESTRE A., SAUVE S., MCBRIDE M., BAVEYE P., BERTHELIN J. (1993): *Copper speciation and microbial activity in long-term contaminated soils*, «Arch Environ Contam Toxicol», 36, pp. 124-131.
- EBEL J. & COSIO E.G. (1994): *Elicitors of plant defense responses*, «International Review of Cytology», 148, pp. 1-36.
- FERNANDEZ-CALVIÑO D., RODRIGUEZ-SUAREZ J.A., LOPEZ-PERAGO E., ARIAS-ESTEVEZ M., & SIMAL-GANDARA J. (2008): *Copper content of soils and river sediments in a wine-growing area, and its distribution among soil or sediment components*, «Geoderma», 145, pp. 91-97.
- GARCIA-BRUGGER A., LAMOTTE O., VANDELLE E., BOURQUE S., LECOURIEUX D., POINSOT B., WENDEHENNE D., PUGIN A. (2006): *Early signaling events induced by elicitors of plant defenses*, «Plant-Microbe interactions», 19 (7), pp. 711-724.
- HAHN M.G. (1996): *Microbial elicitors and their receptors in plants*, «Annual review of Phytopathology», 34, pp. 387-412.
- HAMMOND-KOSACK K.E. & JONES J.D.G. (2000): *Response to plant pathogens*, in Buchanan B., Gruissen W., Jones R. (ed), *Biochemistry and Molecular Biology of Plants*, American Society of Plant Physiologist, Rockville, Maryland, USA, pp. 1102-1156.
- HUTCHESON S.W. (1998): *Current concepts of active defense in plants*, «Annual Review of Phytopathology», 36, pp. 59-90.
- JOHN C. D. (2003): *Review of reaction mechanisms of oxygen and proposed intermediate reduction products in wine: central role of Iron and Copper*, «American Journal of enology and viticulture», 54, pp. 73-85.
- KAST W.K. (2000): *Salicylic and Phosphorous acid – possible alternative to copper?*, Staatliche Lehr- und Versuchsanstalt für Wein-und Obstbau- Weinsberg, Proceedings 6th International Congress of Organic Viticulture, Basel, 2000, Willer, H. and Meier, U. (eds). Sol & ifoam & fibl, pp. 177-179.
- LAMB C., DIXON R.A. (1997): *The oxidative burst in plant disease resistance*, «Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology», 48, pp. 251-275.
- LUSSO M., KUC J. (1999): *Plant responses to pathogens*, in Lerner H (ed), *Plant responses to environmental stresses from phytohormones to genome reorganization*, pp. 683-706.
- MARCO G.M. & STALL R.E. (1983): *Control of bacterial spot of pepper initiated by strains of Xanthomonas campestris pv. vesicatoria that differ in sensitivity to copper*, «Plant Dis», 67, pp. 779-781.
- MARTIN H., HAMILTON V., KOPITKE R. (2004): *Copper tolerance in Australian populations of Xanthomonas campestris pv. vesicatoria contributes to poor field control of bacterial spot of pepper*, «Plant Disease», 88, pp. 921-924.
- MATASCI C.L., GOBBIN L., SCHÄRER H.J., TAMM L., GESSLER C. (2008): *Selection for*

- fungicide resistance throughout a growing season in populations of Plasmopara viticola*, «European Journal of Plant Pathology», 120, pp. 79-83.
- MOOLENAAR S.W. & BELTRAMI P. (1998): *Heavy metal balances of an Italian soil as affected by sewage sludge and Bordeaux mixture applications*, «Journal of Environmental Quality», 27, pp. 828-835.
- NÜRNBERGER T. (1999): *Signal perception in plant pathogen defense*, «Cellular and Molecular Life Sciences», 55, pp. 167-182.
- OLIVER M.A. (1997): *Soil and human health: a review*, «European Journal of Soil Science», 48 (4), pp. 573-592.
- PELLEGRINI A., PRODORUTTI D., FRIZZI A., GESSLER C., PERTOT I. (2010): *Development and evaluation of a warning model for the optimal use of copper in organic viticulture*, «Journal of Plant Pathology», 92 (1), pp. 43-55.
- SCHILDER A.M.C., GILLET J.M., SYSAK R.W., WISE J.C. (1996): *Evaluation of environmentally friendly products for control of fungal diseases of grapes*, online, <http://www.infodienst-mlr.bwl.de/la/lvwo/ecofruvit/friendlyproducts33.pdf>.
- SIVČEV B.V., SIVČEV I.L., RANKOVIĆ-VASIĆ Z.Z. (2010): *Plant protection products in organic grapevine growing*, «Journal of Agricultural Sciences», 55, pp. 103-122.
- THÜERIG B., BINDER A., BOLLER T., GUYER U., JIMÉ-NEZ S., RENTSCH C., TAMM L. (2006): *An aqueous extract of the dry mycelium of Penicillium chrysogenum induces resistance in several crops under controlled and field conditions*, «European Journal of Plant Pathology», 114, pp. 185-197.
- TILCHER R., SCHMIDT C., LORENZ D., WOLF G.A. (2003): *About the use of antagonistic bacteria and fungi*, Forschungsanstalt Geisenheim/ Staatliche Lehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft/ Institut für Pflanzenpathologie der Georg-August- Universität, online, <http://www.infodienst-mlr.bwl.de/la/lvwo/ecofruvit/antagonist29.pdf>.
- URIU-ADAMS J.Y., KEEN C.L. (2005): *Copper, oxidative stress, and human health*, «Molecular aspects of Medicine», 26 (4-5), pp. 268-298.
- VAN RHEE J. A. (1967): *Development of earthworm populations in orchard soils*, in O. Graff, J. Satchell (Editors), *Progress in Soil Biology*, North Holland Publishing Company, Amsterdam, pp. 360-371.
- VAN ZWIETEN M., STOVOLD G., VAN ZWIETEN I. (2004): *Literature Review and Inventory of Alternatives to Copper for Disease Control in the Australian Organic Industry*, A report for the Rural Industries Research and Development Corporation, RIRDC Project DAN-208°, Wollongbar N.S.W., pp. 101.
- VECCHIONE A. (2005): *Research and development of new strategies for copper replacement or reduction in organic viticulture*, Tesi di dottorato presso l'Università degli studi di Udine.
- VRŠIČ S., IVANČIČ A., PULKO B., AND VALDHUBER J. (2011): *Effect of soil management systems on erosion and nutrition loss in vineyards on steep slopes*, «Journal of Environmental Biology», 32, pp. 289-294.