

PER 5 ANNI SU UNA NOTEVOLE QUANTITÀ DI SUOLI IN TOSCANA

Suolo e mal dell'esca della vite: il punto dall'inizio delle indagini

Le aree del vigneto dove insorge il mal dell'esca sono quelle in cui nel suolo vi è una pronunciata aridità o, al contrario, prolungate condizioni asfittiche, abbinate a scadenti condizioni nutritive. Dal momento che portinesti e vitigni sono dei cloni, è ipotizzabile che le condizioni riscontrate in queste aree permettano la proliferazione di alcune specie, prima minoritarie, che in qualche modo possono essere coinvolte nel favorire la malattia

G. Corti, A. Agnelli, R. Cuniglio, F. Ricci, M. Panichi

Il mal dell'esca della vite è una malattia riconducibile all'azione di più microrganismi, tra i quali i funghi *Fomitiporia punctata*, *Phaeoconiella chlamydospora* e *Phaeoacremonium aleophilum* (Surico *et al.*, 2000). È noto, però, che innumerevoli fattori ambientali hanno un ruolo importante nell'insorgenza della malattia. Questi possono essere raggruppati in almeno tre categorie: 1 - caratteristiche intrinseche del vigneto, vale a dire origine e natura di portinesti e vitigni ed età dell'impianto; 2 - condizioni climatiche ma, in particolare, distribuzione delle piogge e andamento delle temperature nel periodo primaverile-estivo; 3 - gestione del vigneto, includendovi tutte le pratiche effettuate durante l'impianto (scasso, drenaggi, concimazioni di fondo) e la conduzione (forma di allevamento, protezione dei tagli di potatura, concimazioni). Fra i fattori ambientali in grado di favorire la malattia, fino a cinque anni fa, il suolo era stato citato solo da Fregoni (1998) che, nella didascalia di una foto a pagina 515 del suo libro «Viticoltura di qualità», attribuiva la maggiore incidenza del mal dell'esca a un eccesso di azoto nel terreno. In pratica, pur essendo il suolo il fattore ecologico con cui le piante interagiscono maggiormente, nonché la fonte della maggior parte di nutrienti (o il mezzo attraverso il quale i nutrienti distribuiti con i concimi passano alla pianta) e microrganismi, non era mai stato messo in relazione con l'insorgenza del mal dell'esca.

Il sospetto che certe caratteristiche del suolo potessero svolgere un ruolo rilevante nel favorire la malattia venne da una semplice osservazione di campagna: perché, pur essendo portinesti e vitigni costituiti da cloni, la malat-

tia insorge e, inizialmente, si espande solo in certi punti del vigneto?

All'occhio del pedologo non poteva sfuggire che le aree dove inizia il mal dell'esca fossero costituite da un suolo del tutto differente rispetto ai suoli in altre zone dello stesso vigneto. Infatti, nonostante la presunzione che scasso, livellamenti e arature siano in grado di omogeneizzare il suolo, esso presenta variazioni fisiche, chimiche, mineralogiche e biologiche così esasperate da diversificarsi da metro a metro, cosicché in 1 ha di terreno si possono trovare anche molti suoli sostanzialmente diversi fra loro. Ciò deriva dal fatto che il suolo è il risultato di un'immensa serie di processi biologici e abiotici la cui intensità spesso dipende dalla natura e dall'andamento degli strati della roccia madre e dalla morfologia superficiale acquisita nei secoli, entrambe condizioni che è molto difficile, se non impossibile, modificare.

In questo lavoro riportiamo una serie di acquisizioni ottenute in cinque anni di indagini su una notevole quantità di suoli coltivati a vite della Toscana, differenzialmente colpiti da mal dell'esca (tabella 1). I risultati sono stati ottenuti analizzando campioni di suolo intero e di rizosfera (foto 1), vale a dire quella



Foto 1 - Suolo rizosferico di vite

minima quantità di terreno direttamente in contatto con le radici che, a causa della difficile separazione dal resto del suolo, è normalmente ignorata; ciò si verifica soprattutto nel caso di piante arboree e arborescenti dove l'individuazione e la separazione del suolo rizosferico sono ancora più difficili che nelle piante erbacee. Sono altresì allo studio i risultati relativi alle caratteristiche biochimiche e molecolari di suolo intero e rizosferico campionati sotto viti colpite e non da mal dell'esca.

Materiali

Nella tabella 1 sono riportate le aree considerate assieme ad alcune informazioni di carattere ambientale. I vigneti presi in considerazione fra le province di Firenze e Siena sono stati 20, per una superficie complessiva di oltre 30 ha. In totale, sono state considerate sette rocce madri, dalle quali si sono originati suoli che, in base al Soil Survey Staff (1999), appartengono per gran parte all'ordine degli Inceptisols e in minima parte agli Entisols; è stato individuato un solo Alfisol nel vigneto più vecchio su argille plioceniche. La percentuale di viti colpite da mal dell'esca varia molto da situazione a situazione, ma è sempre più alta nei vigneti più vecchi. In tutte le situazioni indagate, il suolo è gestito con lavorazioni meccaniche superficiali che interessano uno spessore di suolo fra 5 e 15 cm.

Per alcuni vigneti è stato costituito un sistema di informazioni georeferenziate (GIS) per sovrapporre informazioni relative all'andamento degli strati rocciosi e alla distribuzione puntuale delle piante colpite da mal dell'esca.

In ogni vigneto sono stati aperti e descritti almeno quattro profili, due sotto viti con sintomi della manifestazione cronica del mal dell'esca e due sotto piante dello stesso vitigno (di solito Sangiovese) prive di sintomi. Dal momento che dalla comparsa dei sintomi del mal dell'esca le viti possono risultare non sintomatiche per qualche anno per poi manifestarli di nuovo successivamente, lo stato di salute delle viti di ogni vigneto con un'età inferiore ai 6 anni è stato seguito fin dall'impianto, mentre per le viti di vigneti più vecchi lo stato di salute è stato controllato per 6 anni, affidan-

Tabella 1 - Indicazione dei siti investigati e delle loro principali caratteristiche

Siti di studio	Località	Roccia madre	Tmaa (°C) (¹)	Pma (mm) (²)	Vigneti	Estensione (ha)	Età (anni)	Altitudine (m)	Pendenza (%)	Esposizione	Vitigni (³)	Incidenza mal dell'esca (%) (⁴)
Morzano	Montespertoli (FI)	argille plioceniche	13,1	860	1	5,00	1	150-180	10	S-SO	S, ME	< 0,1 (2000)
					2	1,05	23	170-190	10	SE	S, C, T	≈ 25 (2001)
					3	1,05	32	160-200	15	SO	S, C, T	≈ 26 (2000)
Corfecciano	Montespertoli (FI)	sabbie plioceniche	12,5	880	1	1,05	6	280-295	10	NE	S	≈ 2 (2000)
					2	1,02	31	295-300	7-8	SO	S, C, CO, T	≈ 33 (2000)
Trecento	Montespertoli (FI)	sabbie plioceniche	12,4	890	1	1,01	6	255-280	10	N-NE	S, CS, Ch	≈ 1 (2001)
Polvereto	Montespertoli (FI)	conglomerati pliocenici	12,1	950	1	1,09	4	310-330	10	O-NO	S	≈ 0 (2001)
					2	3,04	26	280-300	3-4	E-SE	S, C, T	≈ 11 (2001)
Poggio Capponi	Montespertoli (FI)	conglomerati pliocenici	13,0	865	1	0,08	2	170-180	10	NE	Si	≈ 0 (2001)
Poggio al Topo	Montespertoli (FI)	depositi fluviali	13,8	820	1	1,00	24	80	< 1	NE	S	≈ 3 (2002)
					2	1,05	25	85	2-3	NE	S	≈ 2 (2002)
Querceto	Greve in Chianti (FI)	scisti argillosi	12,0	1.050	1	0,09	5	560-570	7-8	NE	S	≈ 4 (2002)
					2	2,05	27	560-570	5	NE	S	≈ 23 (2002)
Frosonea	Reggello (FI)	arenaria	12,7	1.290	1	0,05	29	360-370	3-4	NO	S, M, T	≈ 11 (2000)
Montalbano	Reggello (FI)	arenaria	12,7	1.290	1	0,06	2	340-355	6-7	SO	S	0 (2002)
					2	0,09	30	340-355	6-7	SO	S, M, T	≈ 36 (2002)
Malpensata	Radda in Chianti (SI)	marna calcarea (alberese)	12,1	835	1	0,07	16	480-495	7-8	SE	S	≈ 5 (2002)
					2	0,05	30	460-480	7-8	SE	S, M, T	≈ 56 (2002)

(¹) Tmaa = Temperatura media annua dell'aria. (²) Pma = Precipitazione media annua. (³) S = Sangiovese, ME = Merlot, C = Canaiolo, T = Trebbiano, CO = Colorino, CS = Cabernet Sauvignon, Ch = Chardonnay, Si = Sirah, M = Malvasia. (⁴) La percentuale include le due forme, cronica e apoplettica. Fra parentesi è indicato l'anno nel quale è stata misurata l'incidenza.

dosi per gli anni precedenti a informazioni reperibili da operatori del vigneto (conduttori, tecnici, consulenti scientifici, ecc.). Sono state considerate viti con sintomi del mal dell'esca quelle che nell'arco di 6 anni avevano manifestato almeno una volta i caratteristici sintomi della malattia; il profilo di suolo sotto piante sintomatiche è stato aperto negli anni in cui la vite mostrava i sintomi. Sono state considerate viti non sintomatiche quelle che di sicuro nei 6 anni di nostra osservazione e con molta probabilità anche negli anni precedenti non avevano mai mostrato tali sintomi. In due vigneti di recente impianto (Polvereto e Poggio Capponi), è stata rinvenuta solo una vite colpita da mal dell'esca quindi i profili aperti sono stati tre; nel giovane vigneto di Montalbano non è stata individuata nemmeno una pianta con sintomi di mal dell'esca, quindi sono stati aperti solo due profili sotto piante non sintomatiche. Le piante prive di sintomi della malattia sotto le quali aprire il profilo sono state scelte fra quelle più vicine alle viti sintomatiche; la distanza fra le coppie di profili non è mai stata inferiore a 3 m e mai superiore a 10. In totale sono stati effettuati 79 profili, ognuno dei quali è stato descritto e campionato in doppio secondo gli orizzonti riconosciuti. Uno dei due campioni è stato utilizzato come tale (suolo intero) mentre l'altro, seguendo l'approccio di Courchesne e Gobran (1997) e di Fernández Sanjurjo *et al.* (2000), è stato usato per separare il suolo rizosferico. Da entrambi i campioni (suolo intero e rizosferico), mediante setacciatura a umido è stata ricavata la terra fine (il passante al vaglio di 2 mm), che è stata asciugata all'aria e conservata a temperatura ambiente per essere utilizzata per le analisi fisiche e chimiche. Per le analisi biochimiche, aliquote di terra fine sono state

conservate umide a 2-4 °C per non oltre una settimana.

Metodi

Al fine della costituzione del GIS, nei vigneti è stata rilevata una serie di punti tramite GPS per ricavarne le coordinate geografiche. Con il software Idrisi, i vigneti sono stati georiferiti al fine di poter sovrapporre la stessa immagine con altre informazioni relative allo stesso territorio in esame. Mediante il software Arcview sono state sovrapposte: 1 - la carta topografica in scala 1:10.000 (Regione Toscana), 2 - la carta geologica informatizzata in scala 1:100.000 (Laboratorio per la meteorologia e la modellistica ambientale di Firenze) implementata con rilievi di campo *ad hoc* che hanno permesso di identificare gli affioramenti rocciosi e di individuare l'andamento degli strati geologici; 3 - la carta relativa all'incidenza del mal dell'esca. Quest'ultima è stata ottenuta mediante più rilievi di campagna fra giugno e agosto, rilevando le piante come segue: 1 - viti morte per la forma acuta del mal dell'esca (colpo apoplettico); 2 - viti affette da mal dell'esca in forma cronica (con la caratteristica foglia tigrata); 3 - viti prive di sintomi del mal dell'esca; 4 - viti mancanti per cause diverse, anche se informazioni ottenute dai proprietari consentono di imputare la gran parte delle fallanze al mal dell'esca.

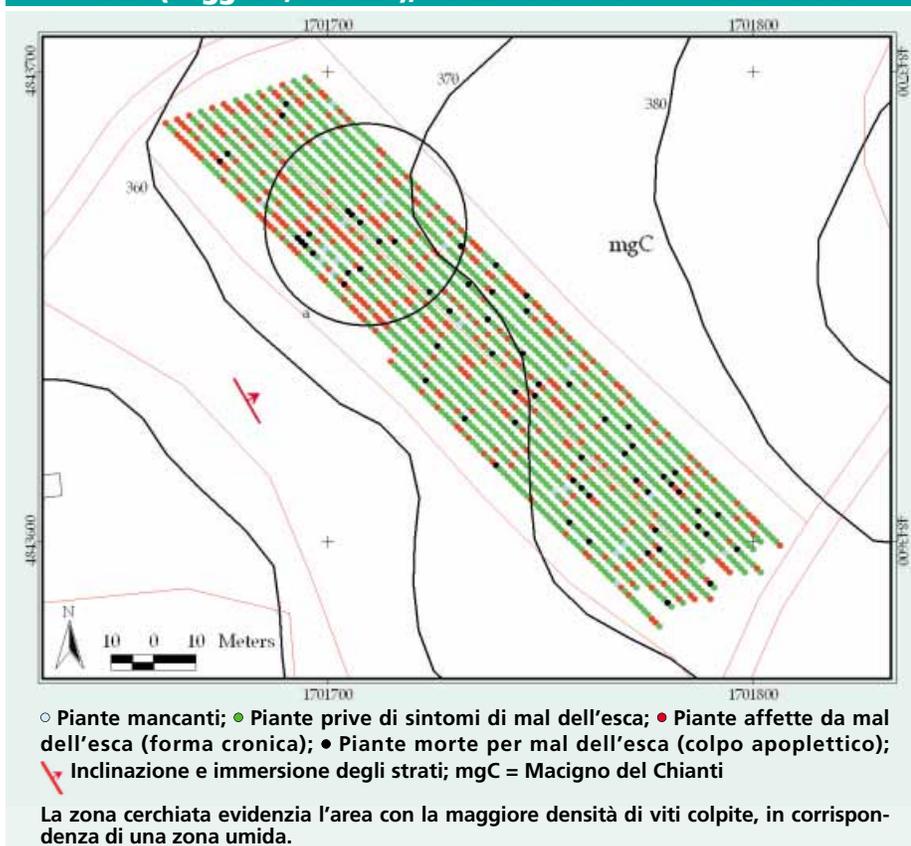
Sui campioni di suolo intero e rizosferico sono state effettuate diverse analisi. La tessitura apparente (senza distruzione dei cementi) è stata determinata con il metodo della pipetta, così da valutare il comportamento dei campioni naturali nei confronti dell'acqua. L'analisi mineralogica è stata eseguita al diffrattometro. Il pH è stato misurato

con un elettrodo *sure flow* in agitazione su una sospensione con un rapporto solido:liquido di 1:2,5. Il calcare attivo è stato misurato per via titrimetrica (Loeppert e Suarez, 1996). Il Fe disponibile è stato estratto mediante soluzione di acido dietiltriainminopentaacetico (DTPA) a pH 7,3, seguendo le indicazioni di Loeppert e Inskeep (1996). Il P disponibile è stato determinato con il metodo di Olsen *et al.* (1954). Le quantità di K, Ca e Mg disponibili sono state ottenute trattando i campioni con una soluzione di BaCl₂ 0,2 M (Corti *et al.*, 1997) per 30 minuti in rapporto solido:liquido 1:10; i singoli cationi sono stati misurati per spettrofotometria ad assorbimento atomico. Il Cu totale è stato ottenuto tramite dissoluzione dei campioni di suolo in una soluzione HF:HCl (5M:1M), seguendo il metodo di Berna *et al.* (2000); il Cu è stato poi misurato all'assorbimento atomico. Il C organico è stato determinato con il metodo Walkley-Black, mentre l'N totale è stato determinato tramite analizzatore elementare Carlo Erba NA 1500. Sui campioni conservati a 2-4 °C, sono state determinate la respirazione basale dopo 15 giorni di incubazione (Anderson, 1982) e del C biomassa microbica (Vance *et al.*, 1987).

Risultati e discussione

La costituzione di un sistema GIS si è resa necessaria in quanto, in un primo approccio allo studio del suolo applicato alle problematiche del mal dell'esca, Corti e Cuniglio (1999) indicavano che la malattia insorge e si diffonde in quelle aree del vigneto dove, per motivi geomorfologici, di gestione del suolo e a causa di opere di drenaggio malfunzionanti, si vengano a instaurare condizioni idromorfe tali

Figura 1 - Carta della distribuzione del mal dell'esca nel vigneto di Frosonaia (Reggello, Firenze), su un suolo derivato da arenaria



da sottoporre le viti a continua o intermittente asfissia radicale. Già all'epoca però, era stato rilevato che in alcune aree d'insorgenza del mal dell'esca non vi erano ristagni idrici ma, piuttosto, carenze idriche. La creazione del GIS ha confermato che la malattia, nella maggior parte dei casi, inizia in aree del vigneto affette da ristagni idrici (figura 1), ma può insorgere anche in aree soggette a pronunciata aridità primaverile-estiva (figura 2). Queste ultime situazioni si verificano in suoli derivati da tutti i tipi di rocce considerate, coerenti (arenaria e alberese) e semicoerenti (argille e sabbie plioceniche, scisti argillosi), quando i livellamenti abbiano eliminato la parte più superficiale del suolo e reso quasi affioranti gli strati rocciosi. In queste aree il suolo è arido in quanto, avendo una tessitura molto grossolana, l'acqua si allontana rapidamente, favorita anche dalle linee di deflusso preferenziale rappresentate dagli strati rocciosi. Bisogna infatti considerare che l'inclinazione e l'immersione degli strati rocciosi immediatamente al di sotto della linea di scasso regolano il deflusso delle acque nel suolo. Da notare che gli eventi erosivi, riducendo lo spessore del suolo, rendono ancora più diretta l'influenza degli strati rocciosi in quanto questi vengono a trovarsi sempre più vicini alla superficie. L'erosione è un problema che coinvolge tutti i vigneti da noi studiati dove, a causa delle lavorazioni meccaniche e

secondo la pendenza e la natura del substrato, abbiamo stimato perdite di suolo da 0,5 a 3 cm per anno (foto 2).

Nel caso di suoli originatisi da rocce semicoerenti (argille e sabbie plioceniche, scisti argillosi), gli strati di roccia presenti al di sotto della linea di scasso sono, dal punto di vista pedologico, degli orizzonti C. Nelle aree dove non siano stati eliminati rilevanti spessori di suolo, questi orizzonti mantengono alcune proprietà della roccia madre originaria, pur essendo interessati dalla pedogenesi. Il più frequente segno della pedogenesi è la presenza di screziature (foto 3), indice di ristagni idrici lunghi ma non permanenti, comunemente presenti sia sotto le viti colpite da mal dell'esca, sia sotto le viti prive di sintomi. A eccezione dei suoli su depositi fluviali e arenaria, in tutti gli altri è stato riconosciuto un tipo di struttura del suolo a lamelle verticali che in precedenza era stata riportata solo da Magaldi (1974). Tale tipo di struttura si origina in suoli derivanti da rocce sedimentarie quando vi siano quantità rilevanti, ma non eccessive di minerali argillosi a reticolo espandibile (smectiti e vermiculiti) e la sostanza organica sia scarsa. Tali minerali, rigonfiandosi in inverno (eccesso di acqua) e contraendosi in estate (carenza di acqua), generano forze in grado di orientare tutte le particelle del suolo, compresi gli stessi minerali argillosi. Tale fenomeno è anche responsabile della genesi delle numerose fratture che si formano nel suo-

Avversità delle piante

lo all'inizio della stagione estiva, e che possono raggiungere una profondità compresa fra 25 e 60 cm. La formazione di fratture ha una duplice valenza, una negativa e una positiva. L'aspetto negativo è dovuto al fatto che l'aprirsi di fratture nel suolo provoca la rottura di radici e la loro successiva essiccazione; per di più, le ferite possono diventare vie di accesso di pedopatogeni. L'aspetto positivo è dovuto al fatto che le fratture, assieme alle linee di discontinuità fra le lamelle verticali, sono sfruttate dalle radici di vite per approfondirsi. Infatti, nella parte più profonda delle fratture, le radici godono della presenza di umidità e di materiale terrigeno fertile che cade o è trasportato dalla superficie. Per lo sviluppo dell'apparato radicale, utilissimi sono anche i canali prodotti dai lombrichi, rapidamente colonizzati dalle radici. Dalle analisi dei campioni di suolo intero e rizosferico risulta che la tessitura apparente è di tipo franco-limoso nei suoli su argille plioceniche, scisti argillosi e alberese, mentre è di tipo franco-sabbioso, in quelli su sabbie plioceniche, conglomerati pliocenici e depositi fluviali; sempre franco-sabbioso ma con maggiori contenuti di sabbia è la tessitura dei suoli su arenaria. Generalmente, il suolo rizosferico contiene una minima quantità di argilla in più del suolo intero, soprattutto nelle piante sintomatiche; tali differenze non sono però sufficienti a diversificare i campioni di suolo intero (tabella 2). Nei suoli su sedimenti pliocenici, depositi fluviali, scisti argillosi e alberese il pH è sempre alcalino e il contenuto di calcare attivo varia dal 5 al 15%; nei suoli di arenaria il pH oscilla fra moderatamente acido e neutro ed è assente il calcare attivo. Il ferro disponibile è sempre carente anche se, in molte delle situazioni indagate, gli effetti di tale carenza sono alleviati da distribuzioni fogliari a base di chelati di ferro e di altri microelementi.

Il contenuto di fosforo disponibile è sempre scarso, anche se nei primi centimetri di suolo a volte la quantità è appena sufficiente grazie all'apporto di concimi. Confrontando i campioni di suolo intero, risulta che nei profili sotto piante sintomatiche la carenza di fosforo è sempre maggiore che in quelli sotto piante non sintomatiche (tabella 2). Tale differenza è maggiore nella rizosfera, tanto che in qualche caso (suoli su argille e su sabbie plioceniche) il fosforo disponibile è totalmente assente nella rizosfera delle piante sintomatiche.

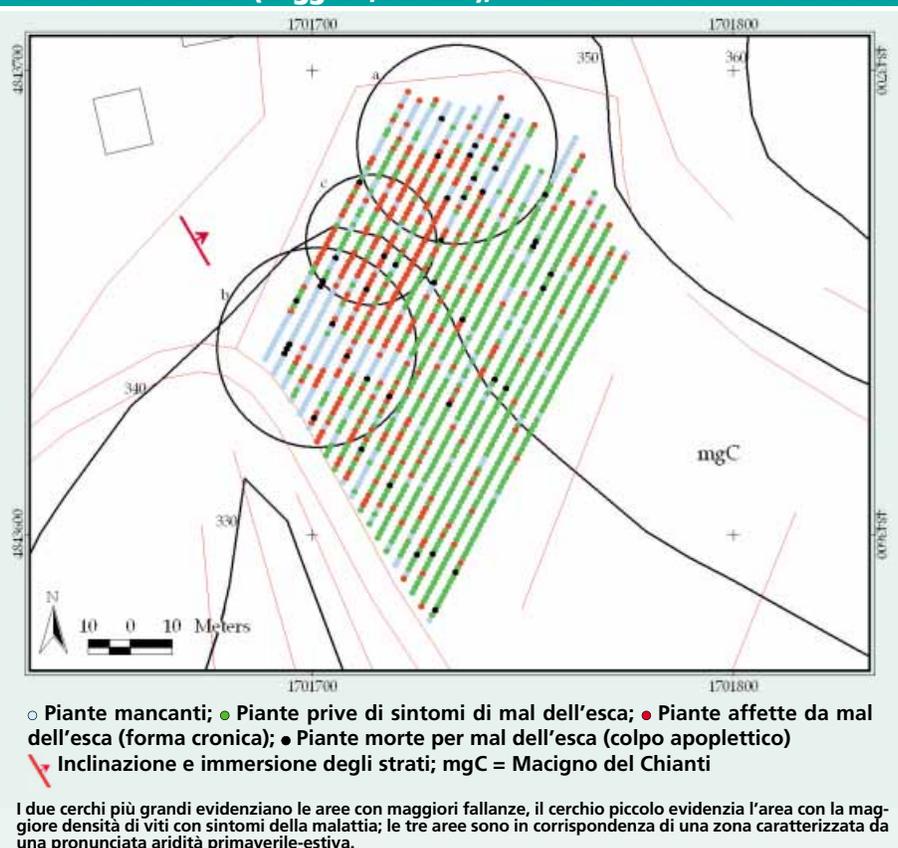
Le quantità di potassio disponibile variano secondo la natura dei suoli, oscillando da valori che possono essere considerati appena sufficienti nei suoli derivati da sabbie e conglomerati

ti pliocenici, depositi fluviali e arenaria a contenuti estremamente scarsi o nulli dei suoli su argille plioceniche, scisti argillosi e alberese. Confrontando i due tipi di profili, il contenuto di potassio è sempre più basso sotto viti sintomatiche, sia nel suolo intero sia nella rizosfera (tabella 2).

Il contenuto di calcio e magnesio disponibili è ottimale in tutti i suoli tranne in quelli originatisi da argille plioceniche dove, sia nel suolo intero sia nella rizosfera, è stato riscontrato un rapporto fra i due nutrienti (Ca/Mg) sufficientemente basso (fra 1 e 3) da costituire un fattore di stress nutrizionale. La causa di tale condizione si è rivelata del tutto naturale in quanto provocata da un eccessivo contenuto nel suolo di clorite primaria, un minerale magnesiaco di facile alterazione che quindi libera molto Mg.

Il rame è un metallo pesante che, se presente nel suolo in elevate concentrazioni, può svolgere un'attività tossica nei confronti di piante e microrganismi. Nei suoli studiati il rame totale è presente nelle più diverse concentrazioni, ma solo in pochi casi esse erano così elevate come quelle indicate da Deluisa *et al.* (1996) e Flores-Velez *et al.* (1996) che, per suoli di vigneto, riportano contenuti fra 200 e 500 mg/kg. L'elevata variabilità nel contenuto di rame nei suoli coltivati a vite è dovuta non solo alla quantità di trattamenti antiparassitari effettuati, ma anche alla storia del terreno, vale a dire al tipo di coltivazioni e di gestione a cui il suolo è stato sottoposto (Agnelli *et al.*, 2002). Le più alte concentrazioni di rame totale, circa 250 mg/kg, sono state misurate nei primi 30 cm di profondità (spessore complessivo degli orizzonti Ap1 e Ap2) dei profili su alberese scavati nel vigneto più vecchio. Da notare che elevate concentrazioni di rame hanno un effetto negativo anche nei suoli alcalini in quanto tale metallo va selettivamente a legarsi con la sostanza organica del suolo, che così diventa tossica per i microrganismi che la utilizzano (Agnelli *et al.*, 2002). Sempre considerando la parte superficiale dei suoli, le più basse concentrazioni di rame totale sono state riscontrate nei primi 30 cm (Ap1 e Ap2) dei profili su argille plioceniche scavati nel vigneto più vecchio (circa 40 mg/kg). Questo valore relativamente basso non è correlato con l'elevata distribuzione di prodotti cuprici da sempre effettuata in quel vigneto, ma è dovuto all'elevata erosione superficiale che in continuazione asporta la parte di suolo dove il rame viene maggiormente adsorbito. Preoccupante è anche il fatto che, in tutti i casi considerati, la rizosfera contenga meno rame del campione intero (tabella 2), indicando un attivo assorbimento dell'elemento da parte della vite.

Figura 2 - Carta della distribuzione del mal dell'esca nel vigneto più vecchio di Montalbano (Reggello, Firenze), su un suolo derivato da arenaria



Il contenuto di carbonio organico è sempre basso e, pur con le dovute eccezioni, tende a diminuire con la profondità. Esso risulta direttamente correlato con la distribuzione delle radici, così che è più alto negli orizzonti dove vi sono più radici e viceversa. A questa regola fa eccezione l'orizzonte superficiale (Ap), dove il contenuto di radici è minimo a causa delle lavorazioni meccaniche che ne provocano la rottura. A parte questa eccezione, è evidente che la vite rifornisce attivamente il suolo di sostanza organica tramite emissione di essudati radicali e, probabilmente, un elevato rinnovo annuale di capillizio radicale. In contraddizione con quanto ci sarebbe da aspettarsi per quanto appena detto e dalle informazioni bibliografiche, nei suoli oggetto di questa indagine la rizosfera delle viti mostra quasi sempre un contenuto di carbonio organico inferiore al suolo intero (tabella 2). Nel caso di suoli su argille e sabbie plioceniche, scisti argillosi e alberese, la rizosfera di piante sintomatiche contiene meno carbonio organico della rizosfera di piante non sintomatiche (tabella 2). Sia l'apparente contraddizione sia il minor contenuto di carbonio organico nella rizosfera di viti sintomatiche possono essere imputati a un'accelerazione del metabolismo microbico necessario ai microrganismi per sopravvivere a condizioni avverse o per riparare danni a livello biochimico (Brookes, 1995); tale condizione sa-



Foto 2 - Esempio di erosione a rill nel vigneto di 32 anni di Morzano (Montespertoli, Firenze), su argille plioceniche

rebbe così un indice dello stato di stress a carico della microflora presente in prossimità delle radici.

Il contenuto di azoto totale ha un andamento e un comportamento analogo a quello del carbonio organico (tabella 2), indicando che la maggior parte di azoto è presente in forma organica.

La quantità di biomassa microbica (contenuto di carbonio microbico) tende a diminuire più o meno regolarmente con la profondità in tutti i suoli indagati, senza rilevanti differenze fra suolo intero e rizosferico o fra i due tipi di profili. Per verificare le condizioni di stress a carico della microflora, i campioni di suolo intero e rizosferico sono stati sottoposti a misura della respirazione basale, vale a dire della quantità di CO₂ emessa dall'attività dei microrganismi presenti. Nota tale quantità e il contenuto di carbonio mi-

Tabella 2 - Differenze fra profili sotto viti con sintomi di mal dell'esca e sotto viti prive di sintomi (*)

	Differenze riscontrate dal confronto fra:		
	suolo intero di viti sintomatiche e non sintomatiche dello stesso vigneto	Rizosfera di viti sintomatiche e non sintomatiche dello stesso vigneto	suolo intero e rizosfera di ogni profilo considerato
Tessitura	nessuna	più argilla sotto viti sintomatiche	più argilla nella rizosfera
pH	nessuna	nessuna	nessuna
Calcare attivo	nessuna	nessuna	nessuna
Ferro disponibile	nessuna	nessuna	nessuna
Fosforo disponibile	contenuto inferiore sotto viti sintomatiche	contenuto inferiore sotto viti sintomatiche	contenuto inferiore nella rizosfera
Potassio disponibile	contenuto inferiore sotto viti sintomatiche	contenuto inferiore sotto viti sintomatiche	contenuto inferiore nella rizosfera
Calcio disponibile	nessuna	nessuna	nessuna
Magnesio disponibile	nessuna	nessuna	nessuna
Rame totale	nessuna	nessuna	contenuto inferiore nella rizosfera
Carbonio organico	nessuna	contenuto inferiore sotto viti sintomatiche (*)	contenuto inferiore nella rizosfera
Azoto totale	nessuna	contenuto inferiore sotto viti sintomatiche (*)	contenuto inferiore nella rizosfera
Carbonio biomassa	nessuna	nessuna	nessuna
Quoziente metabolico (qCO ₂)	valori leggermente più elevati sotto viti sintomatiche (*)	valori più elevati sotto viti sintomatiche (*)	valori più elevati nella rizosfera

(*) Dall'analisi di campioni di suolo intero e rizosferico. (†) In suoli originatisi da argille e sabbie plioceniche, scisti argillosi e alberese.



Foto 3 - Screziature dovute a intermittenti ristagni idrici riscontrate a 70 cm di profondità nel vigneto di Trecento (Montespertoli, Firenze), su sabbie plioceniche

croibico, è possibile ricavare il quoziente metabolico (qCO₂), cioè la quantità di carbonio sotto forma di CO₂ respirato dalla biomassa per ogni ora di incubazione (µg C-CO₂/mg Cmic/h). Il qCO₂ è un indice dell'intensità di stress alla quale i microrganismi del suolo sono soggetti: maggiori sono le condizioni di stress e più alti sono i valori di qCO₂, e viceversa (Anderson e Domsch, 1990; Anderson, 1994). In tutti i profili considerati, la rizosfera mostra valori di qCO₂ più alti rispetto ai campioni di suolo intero, indicando che in prossimità delle radici vi sono condizioni di vita per i microrganismi peggiori di quelle presenti a maggior distanza dalle radici. In alcuni dei suoli indagati (quelli su argille e sabbie plioceniche, scisti argillosi e alberese), le condizioni di stress cui sono sottoposti i microrganismi del suolo intero e della rizosfera sono maggiori nei profili sotto viti sintomatiche che in quelli sotto viti non sintomatiche. Quando nel suolo esistano orizzonti soggetti a condizioni idromorfe (situazione piuttosto comune nei vigneti), campioni interi e rizosfera forniscono valori di qCO₂ maggiori che negli orizzonti ossidati.

Conclusioni

Le aree del vigneto dove compare il mal dell'esca sono quelle dove nel suolo esistono una pronunciata aridità o, al contrario, prolungate condizioni asfittiche, abbinate a scadenti condizioni nutritive. Dal momento che portinnesti e vitigni sono dei cloni, appare difficile ipotizzare che le situazioni presenti in quelle aree del vigneto siano state provocate dalle piante. Più probabilmente, in certe aree del vigneto dove erano presenti certe condizioni edafiche, le viti sono state impiantate senza provvedere al miglioramento delle proprietà fisiche e chimiche di quel suolo.

Le aree soggette a pronunciata aridità sono scadenti anche dal punto di vista nutrizionale in quanto, per ragioni geomorfologiche e a causa di scassi e livellamenti, sono stati portati alla superficie strati di roccia scarsamente pedogenizzati, e quindi con un basso livello di fosforo e potassio disponibili. Nelle aree soggette a condizioni idromorfe, invece, sono presenti elementi fitotossici quali Fe²⁺ (ferro ferroso) e Mn²⁺ (manganese manganeso) fino a che il suolo rimane asfittico mentre, con l'approssimarsi della stagione calda, il fosforo subisce una rapida immobilizzazione. A ciò si aggiunga che, in tutto il vigneto, viti e microrganismi del suolo sono tossificati dal rame distribuito con i trattamenti antiparassitari. Nel caso dei suoli su argille plioceniche, tali condizioni sono ulteriormente aggravate da uno sbilanciato rapporto Ca/Mg.

L'insieme di queste condizioni negative subisce un particolarmente aggravamento nella rizosfera, dove il già basso contenuto di fosforo e potassio disponibili diminuisce ulteriormente. Nel volume di suolo con cui sono in contatto, le radici di vite esercitano un richia-

Avversità delle piante

mo dei due elementi così forte che essi non possono essere rimpiazzati in tempi utili (Scherer e Ahrens, 1996). Una scarsa dotazione di elementi nutritivi può essere causa di ulteriori condizioni di stress in quanto le piante reagiscono alle carenze aumentando l'attività radicale, tanto da riuscire a modificare composizione e attività della popolazione microbica al loro intorno, innescando un pericoloso *feedback* negativo. A dimostrazione di ciò, è stato riscontrato che i microrganismi della rizosfera sono in una condizione di stress più elevata rispetto a quelli che vivono a maggior distanza dalla radice, e questo è tanto più vero quanto maggiore è la carenza di elementi nutritivi. Una possibile conseguenza dell'instaurarsi di tale meccanismo è che possano venire a crearsi condizioni tali da permettere la proliferazione di alcune specie precedentemente minoritarie, in qualche modo coinvolte nel favorire il mal dell'esca. La caratterizzazione delle comunità microbiche di suolo intero e rizosfera provenienti da profili sotto piante sintomatiche e non sintomatiche sarà oggetto di una prossima pubblicazione. Da quanto esposto, sembra che una gestione del vigneto mirante a ridurre il ruolo del suolo nell'insorgenza del mal dell'esca non possa prescindere da: 1- ridurre l'erosione, che progressivamente diminuisce lo spessore del suolo e rende più superficiali gli strati scarsamente pedogenizzati; 2 - approntare efficienti drenaggi, che riducano o rallentino l'insorgenza di condizioni idromorfe nelle aree del vigneto più soggette a tale evenienza; 3 - adottare tutte le pratiche che tendano ad aumentare la quantità di fosforo e potassio disponibili nel suolo; 4 - reintegrare la sostanza organica, per aumentare sia la strutturazione del suolo sia la struttura e la stabilità della comunità microbica; 5 - ridurre il quantitativo di rame distribuito per diminuire il carico di metalli pesanti tossici.

Giuseppe Corti, Alberto Agnelli

Dipartimento di scienze ambientali
e delle produzioni vegetali
Università politecnica delle Marche
E-mail: g.corti@univpm.it

**Rosanna Cuniglio, Federico Ricci
Marco Panichi**

Dipartimento di scienza del suolo
e nutrizione della pianta
Università degli studi di Firenze
E-mail: rosanna.cuniglio@unifi.it

La ricerca è stata finanziata con un progetto PRIN 2000 (protocollo n. MM07311738) e con un finanziamento dell'Amministrazione comunale di Montespertoli (Firenze).

La bibliografia verrà pubblicata negli estratti.

BIBLIOGRAFIA

- Agnelli A., Cuniglio R., Corti G. (2002) - *Frazionamento chimico del rame nei suoli dei vigneti*. L'Informatore Agrario, 34: 71-74.
- Anderson J.P.E. (1982) - *Soil respiration*. In: Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties, A.L. Page e R.H. Miller eds., Am. Soc. of Agr., Madison, WI, Usa, pp. 831-871.
- Anderson T.H. (1994) - *Physiological analysis of microbial communities in soil: application and limitations*. In: Beyond the Biomass, K. Ritz, J. Dighton, K.E. Giller eds., British Society of Soil Science, pp. 67-76.
- Anderson T.H., Domsch K.H. (1990) - *Application of eco-physiological quotients (qCO₂ and qD) on microbial biomass from soils of different cropping histories*. Soil Biol. Biochem, 10: 251-255.
- Berna F., Corti G., Ugolini F.C., Agnelli A. (2000) - *Assessment of the role of rock fragments in the retention of cadmium and lead in irrigated arid stony soils*. Annali di chimica, 90: 209-217.
- Brookes P.C. (1995) - *The use of microbial parameters in monitoring soil pollution by heavy metals*. Biol. Fertil. Soils, 19: 269-279.
- Corti G., Agnelli A., Ugolini F.C. (1997) - *Release of Al by hydroxy-interlayered vermiculite and hydroxy-interlayered smectite during determination of cation exchange capacity in fine earth and rock fragments fractions*. Eur. J. Soil Sci, 48: 249-262.
- Corti G., Cuniglio R. (1999) - *Vite: caratteristiche del suolo e incidenza del mal dell'esca*. L'Informatore Agrario, 40: 64-66.
- Courchesne F., Gobran G.R. (1997) - *Mineralogical variations of bulk and rhizosphere soils from a Norway Spruce stand*. Soil Sci. Soc. Am. J., 61: 1245-1249.
- Deluisa A., Giandon P., Aichner M., Bortolami P., Bruna L., Lupetti A., Nardelli F., Stringari G. (1996) - *Copper pollution in Italian vineyard soils*. Comm. Soil Sci. Plant Anal., 27: 1537-1548.
- Fernández Sanjurjo M.J., Corti G., Ugolini F.C. (2000) - *Cambios químicos y mineralógicos en la fracción fina y gruesa de un suelo volcánico en función de la distancia a la raíz*. Agrochimica, 44: 69-78.
- Flores-Velez L.M., Ducaroir J., Jauret A.M., Robert M. (1996) - *Study of the distribution of copper in acid sandy vineyard soil by three different methods*. Eur. J. Soil Sci., 47: 523-532.
- Fregoni M. (1998) - *Viticultura di qualità*. Edizioni L'Informatore Agrario, Verona, pp. 707.
- Loeppert R.H., Inskeep W.P. (1996) - *Iron*. In: Methods of Soil Analysis. Part 3. Chemical Methods, D.L. Sparks et al. eds., SSSA Book Series 5. SSSA and ASA. Madison, WI, Usa, pp. 639-664.
- Loeppert R.H., Suarez D.L. (1996) - *Carbonate and Gypsum*. In: Methods of Soil Analysis. Part 3. Chemical Methods, D.L. Sparks et al. eds., SSSA Book Series 5. SSSA and ASA. Madison, WI, Usa, pp. 437-474.
- Magaldi D. (1974) - *Caratteri e modalità dell'orientamento delle argille nell'orizzonte B di alcuni suoli*. Atti Società toscana scienze naturali, Memorie, Serie A, 81: 152-166.
- Olsen S.R., Cole C.V., Watanabe F.S., Dean L.A. (1954) - *Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate*. USDA Circ. 939. USDA, Washington, DC.
- Scherer H.W, Ahrens G. (1996) - *Depletion of non-exchangeable NH₄-N in the soil-root interface in relation to clay mineral composition and plant species*. Eur. J. Agr., 5: 1-7.
- Soil Survey Staff (1999) - *Soil Taxonomy. A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys*. 2nd edition. Agriculture Handbook No 436, U.S. Depart. of Agr. & Nat. Res. Cons. Serv. U.S. Gov. Print. Office, Washington, DC.
- Surico G., Marchi G., Braccini P., Mugnai L. (2000) - *Epidemiology of esca in some vineyards in Tuscany (Italy)*. Phytopathologia Mediterranea, 39: 190-205.
- Vance E.D., Brookes P.C., Jenkinson D.S. (1987) - *An extraction method for measuring soil microbial biomass C*. Soil Biol. Biochem., 19: 703-707.