

CARATTERISTICHE FISICO-CHIMICHE DEI SUOLI COLTIVATI A VITE E LORO INFLUENZA NELLA DIFFUSIONE DEL MAL DELL'ESCA

GIUSEPPE CORTI, FIORENZO C. UGOLINI, ROSANNA CUNIGLIO

Dipartimento di Scienza del Suolo e Nutrizione della Pianta
Piazzale delle Cascine, 15 - 50144 Firenze

Summary

Studies have been conducted on the symptomatology, aetiology, pathogenesis and epidemic of the esca, a disease that affects grapes. Since Esca attacks mostly the above ground parts of the plants, the soil has not been considered relevant in the development and spreading of this disease. In this work we have investigated vineyard soils with a high incidence of esca, and others with a low or no incidence. Our morphological observations and analyses have shown that those vineyard affected by esca also manifest poorly drained conditions at a depth of about 35-65 cm. On the contrary the soils where the occurrence of the disease is less manifested are well drained.

The impeded drainage, with the attendant unoxo conditions, can be attributed to two causes: 1) a decreasing porosity in the lower horizons and 2) the prevailing microporosity due to the high content of clay and silt (from 48 to 76%). Moreover, the clay is made of minerals that, once hydrated, tend to expand, further reducing the porosity and, thus, the drainage. Others factors that additionally cause a deterioration of the drainage are 1) the low organic matter content that prevent aggregation; 2) the inadequate drainage structures and 3) the continuous mechanical operations. In the well drained soils the clay plus silt content is always less than 45%, the expandable minerals are present in traces and, hence, there are not limitations to impede the drainage. We conclude that the vineyards more vulnerable to the esca are those planted on soils which tend to develop poorly drained conditions.

Riassunto

Il mal dell'esca è una malattia della vite della quale sono state studiate sintomatologia, eziologia, patogenesi ed epidemiologia. Essendo una malattia che colpisce soprattutto la parte epigea delle piante, le caratteristiche dei suoli non sono mai state considerate fra le responsabili della sua insorgenza e diffusione. In questo lavoro abbiamo studiato suoli di vigneti in cui il mal dell'esca presenta un'elevata incidenza e suoli di vigneti dove tale incidenza è scarsa o nulla. Le osservazioni morfologiche ed i risultati analitici indicano che i vigneti più danneggiati dalla malattia sono quelli i cui suoli presentano condizioni idromorfe

a minima profondità, fra i 35 ed i 65 cm. Al contrario, i terreni dove l'incidenza è scarsa non presentano segni di idromorfia.

La difficoltà di percolazione, con conseguente instaurarsi di condizioni asfittiche, può essere imputata a due cause: 1) diminuzione di porosità totale negli orizzonti inferiori e 2) preponderante presenza di microporosità dovuta all'eccessivo contenuto di argilla e limo (dal 48 al 76%). Inoltre, l'argilla è costituita da minerali in grado di espandersi in presenza di acqua e, quindi, di rallentare ulteriormente il drenaggio del suolo. Altri fattori che favoriscono la formazione di orizzonti asfittici sono: 1) i bassi tenori di carbonio organico non sufficienti a prevenire la migrazione dell'argilla; 2) la scarsa efficienza delle opere di drenaggio e 3) le lavorazioni meccaniche. Nei suoli ben drenati il contenuto di argilla e limo non supera il 45%, i minerali a reticolo espandibile sono presenti in tracce e, di conseguenza, non vi sono difficoltà di percolazione. Dalle nostre osservazioni risulta quindi che i vigneti maggiormente soggetti al mal dell'esca sono quelli che tendono a sviluppare condizioni di scarso drenaggio.

Introduzione

Il mal dell'esca è una malattia che provoca la necrosi del legno della vite. I sintomi ed il decorso della malattia sono noti fin dall'inizio del secolo (Di Marco, 1996), ma mancano informazioni precise riguardanti la sua eziologia, patogenesi ed epidemiologia. In tutte le aree viticole italiane, francesi, spagnole, sudafricane e californiane, le notizie riguardanti la sua diffusione sono sempre più allarmanti. L'espandersi del mal dell'esca provoca danni sia di natura economica causati dalla sostituzione delle viti morte, sia di tipo ambientale e sanitario per l'uso di fitofarmaci cancerogenetici per l'uomo quali l'arsenito di sodio in Francia.

Nell'area di produzione del Chianti Classico la diffusione della malattia è oltre ogni livello di guardia: il 9.5% delle viti mostra sintomi di gravità varia e le fallanze superano il 10% (Braccini et al., 1995). Attualmente, in Italia, le uniche misure in grado di ostacolarne la diffusione sono il risanamento delle piante e la razionale conduzione agronomica del vigneto (Di Marco, 1996).

Fino ad oggi non è stato considerato il ruolo delle caratteristiche del suolo nella diffusione del mal dell'esca. Tuttavia, da quanto è emerso durante questo studio, sembra che il suolo abbia un ruolo nella sua insorgenza e diffusione. Responsabile dell'instaurarsi della malattia sembrano essere le condizioni idromorfe che si manifestano in alcuni suoli. Nei suoli non soggetti all'idromorfia, il mal dell'esca provoca danni di minore entità o nulli.

In questo lavoro riportiamo i risultati di osservazioni morfologiche e di analisi fisiche, chimiche e mineralogiche di suoli provenienti sia da vigneti seriamente danneggiati dal mal dell'esca che da vigneti dove il danno è lieve o, apparentemente, nullo. Questo lavoro intende essere anche la proposta di uno studio multidisciplinare sulle cause dell'insorgenza del mal dell'esca che includa lo studio del suolo.

Materiali e metodi

Le osservazioni pedologiche sono state effettuate in alcune località delle province di Firenze e Siena su suoli originatisi da differenti litologie i cui vigneti manifestano diverso grado di incidenza del mal dell'esca (Tabella 1). All'interno di ogni vigneto sono stati scavati e descritti almeno due profili di suolo secondo le norme del Soil Survey Division Staff (1993), interessando, quando possibile, le aree dove erano stati accertati i primi sintomi della malattia. Altre escavazioni sono state effettuate in prossimità di dreni sia nelle località di cui in Tabella 1 che a Castellina in Chianti (SI) su calcare alberese, a Tavarnelle e San Casciano in Val di Pesa (FI) su

conglomerato di alberese - Pcg -, a Greve in Chianti (FI) su arenaria macigno.

Ogni orizzonte è stato campionato in doppio. I campioni sono stati prelevati su base volumica e suddivisi in terra fine (frazione < 2 mm) e scheletro (frazione > 2 mm) mediante vagliatura. La porosità delle due frazioni è stata ricavata dalla formula $P\% = (1 - Da/Dr) \cdot 100$ dove Da è la densità apparente e Dr la densità reale dei campioni (Corti et al., 1998). La tessitura apparente è stata determinata con il "metodo della pipetta"; quella reale con lo stesso metodo dopo dissoluzione dei cementi organici e ferrici (Mehra e Jackson, 1960). Il contenuto di carbonio organico della terra fine è stato misurato con il metodo Walkley-Black. Prove di colloidismo sono state effettuate ponendo circa 3 g di argilla in 100 cc di acqua distillata e misurando il tempo necessario ad ottenerne la sedimentazione. L'analisi mineralogica per diffrazione a raggi X è stata effettuata usando un diffrattometro Philips PW 1710. Tutte le analisi sono state effettuate almeno in doppio.

Tabella I. Località di campionamento dei suoli studiati, loro litologia e relativa incidenza del mal dell'esca

località	litologia	incidenza del mal dell'esca
Malpensata (Radda in Chianti SI)	calcare alberese	elevata
Querceto, Dudda (Greve in Chianti FI)	scisti argillosi	elevata
Montalbano, Donnini (Reggello FI)	arenaria macigno	scarsa - nulla
Monte e Montealbino	conglomerato di alberese (Pcg)*	elevata
Lungagnana	sabbie (Ps)*	scarsa
Ortimino (Montespertoli FI)	argilla - limo (Pag)*	elevata

* Pcg, Ps, Pag: simboli con i quali vengono indicate nella Carta Geologica d'Italia (1965) le rispettive litologie originatesi dai depositi marini pliocenici.

Osservazioni di campagna

I vigneti dove è elevata l'incidenza del mal dell'esca sono impiantati su suoli derivanti da calcare alberese, scisti argillosi, conglomerato di alberese e deposizioni argillo-limose, dove sono state sempre riscontrate condizioni idromorfe più o meno spinte. Nei suoli originatisi da calcare alberese e conglomerato, tale condizione ha addirittura portato alla formazione di orizzonti gley, cioè di orizzonti interessati da permanente ristagno di acqua. Questi sono riconoscibili per il loro colore grigiastro dovuto all'allontanamento del ferro sotto forma di Fe^{2+} o alla presenza di questo purché in condizioni di saturazione di acqua. La riduzione da Fe^{3+} a Fe^{2+} e quella da Mn^{4+} a Mn^{2+} sono fenomeni comuni nei suoli idromorfi; inoltre, sia il Fe^{2+} che il Mn^{2+} hanno effetti fitotossici.

L'intensità del ristagno idrico si è rivelata funzione anche dell'età del vigneto e della pendenza. In suoli su alberese, scisti argillosi e conglomerato recentemente scassati per impiantare vigneti, non si riscontrano mai orizzonti gley perché lo scasso, creando una porosità artificiale,

favorisce il drenaggio. Nello stesso tipo di suoli, ma in impianti più vecchi (18-25 anni), sono stati osservati orizzonti gley a 35-65 cm di profondità. Tali orizzonti sono più superficiali nelle aree di minore pendenza, dove maggiore è l'attacco da parte del mal dell'esca. Alle quote più elevate dei vigneti in pendio non vi sono orizzonti gley entro 1 m di profondità e l'incidenza del mal dell'esca è lieve. In altri suoli delle stesse litologie, quando non sono stati ritrovati orizzonti gley, già a 40-50 cm di profondità sono state osservate delle mottled zones, cioè chiazze di colore grigiastro adiacenti a chiazze ocra-giallastre che indicano il verificarsi di temporanee condizioni idromorfe. Su scisti argillosi e depositi argillo-limosi, a 25-30 cm di profondità, sono stati riscontrati argillans sulla superficie di aggregati e pietre, originatisi dalla migrazione di acqua lungo il profilo.

Le escavazioni in corrispondenza di dreni hanno dimostrato che la funzione di questi tende a diminuire, fino a cessare, con l'età dell'impianto. Infatti, in vigneti di circa 8-12 anni impiantati su alberese, scisti argillosi, conglomerati e depositi argilla-limo, i dreni erano in buono stato ed il suolo nelle immediate vicinanze non presentava alcun segno di idromorfia. In vigneti di 15-25 anni sulle stesse litologie, soprattutto nelle aree di riduzione della pendenza, gran parte dei dreni era otturata da materiale argilloso ed il suolo nelle immediate vicinanze presentava orizzonti gley. Nei suoli su arenaria e su depositi sabbiosi, dove l'incidenza del mal dell'esca è scarsa o nulla, non è mai stato riscontrato alcun segno che indicasse la presenza (anche temporanea) di condizioni idromorfe. Questo sia in condizioni di pendenza anche del 10% che quasi pianeggianti.

Lulli et al. (1987), in uno studio condotto su suoli di Montespertoli, riportano situazioni simili a quelle da noi riscontrate per suoli originatisi da depositi argillo-limosi e sabbiosi, ma, per i suoli su conglomerato di alberese, asseriscono di non aver mai osservato orizzonti idromorfi. Bisogna però considerare che quanto riportato da Lulli e coautori si riferisce ad osservazioni fatte prima del 1983, cioè quando i vigneti su conglomerato ancora oggi esistenti avevano circa 10 anni di età.

Nei vigneti oggetto di questo studio sono state riscontrate numerose fallanze troppo spesso attribuite al mal dell'esca. Molte di esse sono invece da attribuire alle lavorazioni di impianto (livellamento superficiale) che hanno provocato la messa in luce o quasi dell'orizzonte C il quale non è in grado di sostenere la vita delle piante. Tali situazioni, presenti in tutti i tipi di suolo, si riconoscono per lo stentato attecchimento anche delle piante spontanee. Condizioni identiche a queste sono state riportate da Galligani et al. (1997) i quali, in vigneti su argilliti del complesso caotico, hanno trovato una elevata quantità di sali di sodio solubili a 50-80 cm di profondità, dove vi era un orizzonte C. La presenza di sali solubili dimostra che a questa profondità non arrivano le soluzioni che, altrimenti, avrebbero allontanato i sali; ciò indica anche che le radici delle viti non sono in grado di penetrare l'orizzonte C.

Risultati di laboratorio

Il contenuto di scheletro su base volumica tende ad aumentare con la profondità (Tabella 2). Unica eccezione è rappresentata dal vigneto nuovo (scisti argillosi) dove, per effetto del recente scasso, lo scheletro diminuisce con la profondità. Negli altri suoli, il minor contenuto di scheletro negli orizzonti superiori è dovuto sia agli spietramenti superficiali effettuati all'impianto che alla sua continua frammentazione operata dal passaggio degli attrezzi agricoli. Nel suolo su alberese, la presenza del 54 e del 94% di scheletro negli orizzonti più profondi (Cg2 e Cg3) rappresenta un ostacolo al drenaggio. Infatti, dal momento che lo scheletro di questa litologia è privo di pori, esso costituisce un volume non penetrabile dalle soluzioni del suolo le quali possono defluire solo attraverso il restante volume occupato dalla terra fine. Nei suoli su

arenaria il problema è meno sentito perché lo scheletro presenta una porosità variabile fra il 9 ed il 54% (Ugolini e al., 1996).

La densità apparente della terra fine indica la porosità da essa sviluppata, tanto più elevata quanto più bassa è la densità apparente. Nei suoli su alberese e scisti argillosi va da 0.5 a 1.4 kg/dm³, in quelli su litologie arenacee è più elevata, da 1.1 a 2.1 kg/dm³ (Tabella 2). Ne deriva quindi che la porosità è maggiore nei primi piuttosto che nei secondi.

La tessitura apparente della terra fine indica la dimensione dei pori in essa presenti: piccoli - microporosità- quando prevalgono le frazioni fini (argilla+limo), grandi -macroporosità- quando prevale la sabbia. Nella terra fine dei suoli su alberese e scisti argillosi la tessitura apparente (Tabella 2) ha un maggior contenuto di frazioni fini (dal 48 al 76%) e, quindi, prevale la microporosità. Al contrario, nella terra fine dei suoli su materiali arenacei è maggiore il contenuto di sabbia (dal 56 al 66%), per cui prevale la macroporosità. La tessitura reale (Tabella 2) indica che nei suoli analizzati non si verificano grandi migrazioni di argilla lungo i profili. L'unico dove si registra un sensibile aumento di argilla in profondità è il suolo su scisti argillosi (vigneto vecchio), uno di quelli in cui erano stati osservati argillans a 25-30 cm di profondità.

Il contenuto di C organico è modesto in tutti i suoli considerati (Tabella 2). Il basso tenore di C organico è un fatto negativo per la struttura in quanto, a questi livelli, non si ha la formazione di aggregati stabili che possano impedire la migrazione di argilla attraverso il profilo.

L'insieme di fattori quali il contenuto di scheletro e la sua porosità, la densità apparente della terra fine ed il suo contenuto di sostanza organica determinano la porosità totale degli orizzonti (Tabella 2). Nel suolo su alberese la porosità totale diminuisce marcatamente in profondità a causa della notevole quantità di scheletro presente. Nei suoli su scisti argillosi la porosità totale è sempre elevata, dal 50 al 68%. I suoli su arenaria mostrano una diminuzione di porosità totale sotto i 25 cm di profondità, passando dal 43-54% dell'orizzonte Ap1 al 14-19% dell'Ap2.

Nei suoli su alberese, scisti argillosi, conglomerato e depositi argillo-limosi sono presenti smectiti e/o vermiculiti, cioè minerali argillosi in grado di espandere il proprio reticolo se a contatto con l'acqua. Questi minerali possono inoltre formare sospensioni molto stabili: dalle prove di sospensione è risultato che dopo oltre 3 mesi si era depositato solo il 50% dell'argilla aggiunta.

Discussione

L'instaurarsi delle condizioni asfittiche in un suolo dipende dalle sue caratteristiche fisiche, chimiche e mineralogiche che, a loro volta, dipendono dalla litologia originaria.

I processi di alterazione, sulle litologie alberese, scisti argillosi, conglomerato e depositi argillo limosi, producono un suolo ricco di frazioni fini che sviluppano una porosità quantitativamente elevata ma costituita da micropori; inoltre, l'argilla contiene minerali a reticolo espandibile che, in presenza di acqua, riducono ancor di più la taglia dei pori. Tali condizioni determinano un deflusso molto rallentato delle soluzioni che attraversano il profilo. Nei suoli su arenaria e depositi sabbiosi la terra fine è sabbiosa, e sviluppa una ridotta porosità costituita da macropori. In questi suoli, non essendovi minerali a reticolo espandibile, il drenaggio delle soluzioni non viene ostacolato. Nei suoli su alberese lo sviluppo di orizzonti gley in un arco di tempo di 18-25 anni può essere spiegato con 1) l'eccesso di scheletro privo di porosità, 2) la prevalente microporosità e 3) la presenza di smectite e vermiculite. L'assenza di orizzonti gley nei suoli su scisti argillosi, conglomerato e depositi argillo-limosi è dovuta alla non contemporanea presenza di questi tre fattori. Nei suoli su materiale arenaceo non vi sono segni di idromorfia in quanto lo scheletro è poroso, prevale la macroporosità e non vi sono minerali argillosi a reticolo espandibile.

Il confronto dei dati del vigneto nuovo e del vigneto vecchio su scisti argillosi indica che lo scheletro, col tempo e grazie alle operazioni agricole, viene frantumato e va a costituire una terra fine particolarmente ricca di argilla. Questa frazione, a sua volta, viene trasportata dalle soluzioni lungo il profilo, e va a formare degli argillans. Questo fenomeno può innescare una progressiva riduzione del drenaggio e favorire così la formazione di mottled zones o di orizzonti gley.

Il ristagno di acqua non ha alcun risvolto positivo neppure per il periodo estivo. Infatti, se durante l'estate la zona asfittica si dissecca, essa diventa estremamente dura e poco penetrabile da parte del capillizio radicale. Inoltre, l'argilla presente negli orizzonti asfittici può trattenere notevoli quantità di acqua in condizioni non disponibili per le piante.

L'elevata densità apparente dei suoli su materiali arenacei è dovuta alla tessitura sabbiosa associata ad un ridotto contenuto di sostanza organica (Duchaufour, 1995), favorita dal passaggio delle macchine agricole. In questi suoli non si hanno problemi di drenaggio grazie alla macroporosità, ma l'elevata densità apparente impedisce lo sviluppo delle radici delle viti nell'orizzonte Ap2. Le radici vanno così a colonizzare l'interfaccia fra il suolo e la roccia madre, dove possono svilupparsi più facilmente grazie all'umidità sufficiente e mai eccessiva e all'abbondanza di elementi nutritivi (Corti et al., 1995; 1997).

Conclusioni

Dalle nostre osservazioni effettuate in diverse località di produzione del Chianti Classico e del Chianti D.O.C.G., risulta che il mal dell'esca colpisce maggiormente i vigneti interessati da ristagno di acqua. Dal momento che, nei vigneti studiati, sia i portinnesti che i vitigni non erano monovarietali (anche se la presenza di Sangiovese era sempre dominante), sembrerebbe che il suolo sia il fattore maggiormente responsabile dell'insorgenza e della diffusione del mal dell'esca. L'instaurarsi di condizioni asfittiche dipende dalla natura della roccia madre, dall'alterazione da essa subita, dalla pendenza e dalle operazioni agronomiche effettuate al momento dell'impianto o durante la conduzione. Tale condizione del suolo può realizzarsi in tempi rapidi (8-10 anni) in suoli derivati da calcare alberese o conglomerato di alberese, in tempi più lunghi (circa 15-20 anni) in suoli derivati da scisti argillosi o depositi argillo-limosi. I suoli su materiali arenacei non sembrano soggetti all'instaurarsi di condizioni asfittiche ed i vigneti qui impostati presentano una scarsa suscettibilità al mal dell'esca.

A questo stato iniziale delle ricerche riteniamo che, almeno per le realtà da noi indagate, si possa avanzare un'ipotesi olistica riguardo l'insorgenza del mal dell'esca: il ristagno idrico del suolo induce una sofferenza cronica nelle viti a causa sia dell'asfissia radicale che della presenza di ioni Fe^{2+} e Mn^{2+} ad effetto fitotossico; sottoposte per un lungo periodo a questo tipo di stress le piante vanno probabilmente incontro ad un abbassamento del pool immunitario e diventano più facilmente preda di malattie opportunistiche quali il mal dell'esca potrebbe essere.

Ringraziamenti

Gli autori desiderano ringraziare i Dr. Alberto Agnelli e Giacomo Certini per l'aiuto durante le operazioni di campagna; il Dr. Francesco Berna per l'assistenza durante le fasi di laboratorio; la Dr.ssa Maria Fernandez Sanjurjo per la ricerca internazionale sulla diffusione del mal dell'esca; il Comune di Montespertoli per aver contribuito economicamente alle ricerche.

Bibliografia

- Braccini P., Guidotti A., Parrini C. e Ricciolini M. 1995. Risultati di una indagine sulla attuale diffusione del "mal dell'esca" nel Chianti classico. Atti Simposio Nazionale Arsenico, si-no. Codroipo, 14 Dicembre 1995. p. 151-155.
- Carta Geologica d'Italia 1965. Servizio Geologico d'Italia. Organo cartografico dello Stato. Legge 9-2-1960, n° 68. Istituto Italiano d'Arti Grafiche, Bergamo.
- Corti G., Agnelli A., Piccardi F. e Ugolini F.C. 1997. Influenza della roccia madre sul tenore di NH₄-fissato nei suoli. Due casi a confronto. In: Atti XIV Convegno Nazionale Società Italiana Chimica Agraria. Rimini, 25-27 Settembre 1996, Italia. Patron Ed., Bologna. p. 123-134.
- Corti G., Piccardi F., Agnelli A. e Ugolini F.C. 1995. Carbonio e azoto nella frazione grossolana (> 2 mm) del suolo: quali le implicazioni?. In: Atti XII Convegno Nazionale Società Italiana Chimica Agraria. Piacenza, 19-21 Settembre 1994, Italia. Patron Ed., Bologna. p. 81-88.
- Corti G., Ugolini F.C. e Agnelli A. 1998. Classing the soil skeleton (> 2 mm): a proposed approach and procedure. Soil Science Society of America Journal (in stampa).
- Di Marco S. (1996). Il mal dell'esca. L'Informatore Agrario 1469: 72.
- Galligani U., Pinzauti S. e Venuti L. 1997. L'approfondimento delle radici della vite nei suoli derivanti dalle argilliti del "Complesso Caotico". Il suolo. Bollettino dell'Associazione Italiana Pedologi 3: 18-19.
- Lulli L., Lorenzoni P., Arretini A. e Bidini D. 1987. Caratteristiche dei suoli e produttività delle colture tipiche della zona di Montespertoli. In: Atti del Convegno Agricoltura collinare e difesa del suolo. Esperienze nella zona di Montespertoli del Progetto finalizzato CNR "Conservazione del suolo". Montespertoli, 13-15 aprile 1983, Regione Toscana Giunta Regionale, Firenze. p. 33-35.
- Mehra O.P. e Jackson M.L. 1960. Iron oxide removal from soils and clays by dithionite-citrate system buffered with sodium bicarbonate. In: Proceedings 7th National Conference Clays and Clay Minerals. E. Ingerson (ed.). Pergamon Press, London. p. 317-342.
- Soil Survey Division Staff. 1993. Soil Survey Manual. U.S. Department of Agricultural, handbook No 18, U.S. Government Printing Office, Washington, D.C., USA. 437 p.
- Ugolini F.C., Corti G., Agnelli A., e Piccardi F. 1996. Mineralogical, physical and chemical properties of rock fragments in soil. Soil Science 161: 521-542.

Tabella 2. Alcune caratteristiche fisiche e chimiche dei suoli di quattro località su diversa roccia madre

	prof. cm	contenuto di		densità apparente kg dm ⁻³	terra fine						porosità totale*	
		scheletro	terra fine		tessitura apparente			tessitura reale				carbonio organico
					% (volume)	sabbia	limo	argilla	sabbia	limo %		
<i>Malpensata, calcare alberese</i>												
crosta	0-7	34.7	65.3	1.00	33.3	47.8	18.9	25.4	38.6	36.0	1.26	44.9
Ap1	7-25	37.8	62.2	1.39	34.7	44.1	21.2	24.9	39.6	35.5	1.36	32.9
Ap2	25-45	50.8	49.2	1.22	35.9	47.1	17.0	24.4	38.1	37.5	1.40	34.4
Cg1	45-75	39.3	60.7	1.15	38.0	44.8	17.2	20.0	41.9	38.1	1.09	38.1
Cg2	75-100	54.1	45.9	1.07	46.3	38.2	15.5	38.3	29.2	32.5	0.36	34.0
Cg3	100-115	93.6	6.4	1.09	41.0	32.7	26.3	32.8	30.3	36.9	0.22	10.9
<i>Querceto, scisti argillosi, vigneto nuovo</i>												
Ap1	0-15	36.2	63.8	0.71	51.9	26.2	21.9	33.9	44.5	21.6	0.32	49.5
Ap2	15-52	23.0	77.0	0.52	40.6	29.8	29.6	15.8	45.0	39.2	0.40	68.4
Ap3	52-121	17.6	82.4	1.01	32.9	51.2	15.9	9.8	62.6	27.6	0.94	57.2
<i>Querceto, scisti argillosi, vigneto vecchio</i>												
Ap	0-10	5.0	95.0	1.33	26.2	40.7	33.1	4.9	59.0	36.1	0.56	54.2
Bi1	10-51	11.8	88.2	1.04	23.9	48.2	27.9	5.6	54.4	40.0	0.91	61.3
Bi2	51-90	33.1	66.9	1.17	24.3	50.6	25.1	2.3	58.2	39.5	0.04	55.9
BCt	90-113	45.5	55.5	1.26	24.1	49.5	26.4	3.3	56.0	40.7	0.04	50.4
<i>Montalbano, arenaria macigno</i>												
Ap1	0-25	28.2	71.8	1.07	66.2	25.1	8.7	43.9	39.6	16.5	1.44	43.3
Ap2	25-86	61.9	38.1	2.11	61.6	27.7	10.7	41.7	39.8	18.5	0.36	13.9
<i>Lungagnana, depositi sabbiosi</i>												
Ap1	0-25	21.7	78.3	1.24	60.6	25.6	13.8	42.6	41.7	15.7	1.16	53.8
Ap2	25-97	33.1	66.9	1.92	56.5	33.1	10.4	40.7	42.4	16.9	0.56	18.7

*riferita all'intero orizzonte.